

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра автоматизації управління електротехнічними комплексами

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Віктор РОЗЕН,

призвище

« ____ » _____ 2020 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою « Інжиніринг автоматизованих
електротехнічних комплексів»**

спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**на тему: «Електромеханічне обладнання та автоматизація конвеєрної
установки»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ОА-г61-1

Сторожук Максим Павлович _____

Керівник:

Старший викладач

Прядко Сергій Леонідович _____

Консультант з електропостачання:

доцент, к.т.н., доцент

Мейта Олександр В'ячеславович _____

Консультант з охорони праці

та безпеки в надзвичайних ситуаціях:

доцент, к.т.н., доцент

Козлов Сергій Степанович _____

Рецензент:

Зав. кафедри ЕМО ЕВ, д.т.н., професор

Шевчук Степан Прокопович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра автоматизації управління електротехнічними комплексами

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 141 «Енергетика електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «**Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів**»

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Віктор РОЗЕН, прізвище

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Сторожуку Максиму Павловичу

1. Тема проекту «**Електромеханічне обладнання та автоматизація кар'єрної конвеєрної установки**», керівник проекту **Прядко Сергій Ленідович**, старший викладач, затверджені наказом по університету від «21» травня 2020 р. № 1131-с

2. Термін подання студентом проекту: 12 червня 2020 р

3. Вихідні дані до проекту: проектна продуктивність кар'єра з видобування корисних копалин становить 500 тис. м3 в рік (1315 тис. т/рік).

4. Зміст пояснювальної записки

а) загальна частина провести розрахунок технологічного навантаження на конвеєрну лінію за допомогою програми KONWEJER. Вибрати тип конвеєра.

б) електропостачання спроектувати систему електропостачання кар'єру.

в) Спеціальна частина вибрати та обґрунтувати регульований електропривод для приводу конвеєра, автоматизована система керування конвеєрною лінією;

д) Охорона праці Комфортна і безпечна робота з електроустаткуванням конвеєрного комплексу (мікроклімат, освітлення, шум). Захист людини від ураження електричним струмом.;

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

1 лист - Технологічна схема кар'єру

2 лист - Схема електропостачання кар'єру;

3 лист – Система автоматизованого електроприводу по схемі ПЧ-АД ;

4 лист – Структурні схеми та результати моделювання системи ПЧ-АД

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електропостачання	Мейта О.В., доцент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Козлов С.С., доцент		

7. Дата видачі завдання 8 квітня 2020р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Загальна частина	8.04.2020	20.04.2020
	Електропостачання	20.04.2020	6.05.2020
	Спеціальна частина	8.04.2020	10.06.2020
	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	20.05.2020	3.06.2020

Студент

Максим СТОРОЖУК

Керівник

Сергій ПРЯДКО

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП 2410. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	115	
3	A1	ДП 2410. 01.000 ТК	Технологічна схема кар'єру	1	
4	A1	ДП 2410. 02.000 ТК	Схема електропостачання кар'єру;	1	
5	A1	ДП 2410. 03.000 ТК	Система автоматизованого електроприводу по схемі ПЧ-АД ;	1	
6	A1	ДП 2410. 04.000 ТК	Структурні схеми та результати моделювання системи ПЧ-АД	1	

				ДП 2410 00.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Сторожук М.П.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Прядко С.Л.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. АУЕК Гр. ОА-61-1	
Н/контр.	Смоляр В.Г.					
Зав.каф.	Розен В.П.					

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Електромеханічне обладнання та автоматизація
кар'єрної конвеєрної установки»

Київ – 2020 року

РЕФЕРАТ

До бакалаврської роботи Сторожука Максима Павловича на тему: «Електромеханічне обладнання та автоматизація кар'єрної конвеєрної установки».

Загальний об'єм роботи: 80сторінки , 10 рисунків , 25таблиць , 4 аркуша А1.

У бакалаврській роботі розроблено автоматизовану систему управління електроприводом конвеєрної установки для транспортування гірської маси (щебеню) до відвантажувального комплексу. На основі аналізу технічних вимог та технологічних параметрів транспортування визначено контури регулювання, розроблено схему автоматизації, проведено роботу з вибору ряду технічних засобів перетворювача частоти та обґрунтовано доцільність їх використання.

Графічна частина розроблялася з використанням програм AutoCAD 2019, Microsoft Visio, MathLab.

ABSTRACT

To the bachelor's work of Storozhuk Maksym Pavlovych on the topic:
"Electromechanical equipment and automation of quarry conveyor installation".

The total volume of work is 80 pages, 10 figures, 25 tables, 4 sheets of A1.

In the bachelor's work the automated control system of the electric drive of the conveyor installation for transportation of rock mass (crushed stone) to the shipping complex is developed. Based on the analysis of technical requirements and technological parameters of transportation, the control circuits are determined, the automation scheme is developed, the work on the selection of a number of technical means of the frequency converter is carried out and the expediency of their use is substantiated.

The graphic part was developed using AutoCAD 2019, Microsoft Visio, MathLab.

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА 10

- 1.1. Опис місця провадження планованої діяльності
- 1.2 Технологія гірничих робіт і механізація виробничих процесів
- 1.3 Продуктивність кар'єру
- 1.4 Добувні та розкривні роботи
- 1.5 Розрахункова потужність двигуна
- 1.6 Приведена маса всього конвеєра
- 1.7 Розрахункове максимальне кутове прискорення двигуна конвеєра з регульованим приводом
- 1.8 Максимальне зусилля на ободі барабану, виходячи з умов роботи конвеєра без ковзання стрічки
- 1.9 Побудова навантажувальних діаграм
- 1.10 Вибір конвеєра та його параметрів на ЕВМ

2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....21

- 2.1. Вихідні дані до проекту
- 2.2 Розрахунок освітлення
- 2.3. Визначення електричних навантажень і вибір потужності трансформаторів
- 2.4. Розрахунок електричної мережі кар'єра
- 2.5 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою
- 2.6. Вибір апаратури управління і захисту.
- 2.7. Розрахунок заземлення та техніко-економічних показників

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ.....60

- 3.1 Статичний опір конве'єра.
- 3.2 Методика вибору перетворювача частоти
- 3.3 Розрахунок схеми електропривода по системі ПЧ-АД
- 3.4 Розрахунок ПП- регулятора струму:
- 3.5 Особливості технологічних схем конвеєрного транспорту
- 3.6 Основні вимоги до системи автоматизації конвеєрної установки
- 3.7 Засоби автоматичного контролю, захисту та сигналізації
- 3.8 Спосіб безперервного вимірювання транспортованої маси

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1 Загальні заходи безпеки при відкритих гірських роботах

4.2 Безпека при експлуатації конвеєрного транспорту

4.3 Боротьба з пилом та шкідливими газами

4.4 Шум та вібрація.

4.5 Освітлення кар'єру та конвеєрної лінії

4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Перелік посилань

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Загальна частина

1.1. Опис місця провадження планованої діяльності

Новопавлівське родовище мігматитів (ділянки «Плоска», «Верхня») знаходиться в 7 км на північний схід від м. Нікополь і в адміністративному відношенні входить в склад Нікопольського району Дніпропетровської області Підприємство ПрАТ «Новопавлівський гранітний кар'єр» [1] здійснює видобуток корисних копалин відкритим способом. Діючий кар'єр являє собою чашу глибиною 60 метрів, витягнутий з півночі на південь довжиною 1400 м, шириною –500-600 м. Переробка корисних копалин здійснюється на дробильно-сортувальному комплексі підприємства. Технологічна схема передбачає три стадії дроблення з сезонним промиванням щебеневої продукції та цілорічною класифікацією піщано-щебеневої суміші.

Гірська маса розміром 0-1000 мм з кар'єра доставляється БелАЗами в приймальний бункер дробильно-сортувального цеху. З приймального бункера по пластинчастому живильнику гірська маса надходить на дроблення в щекову дробарку «Тельман-20», де відбувається перша стадія дроблення до розмірів 0-350 мм, після щебінь по стрічковому конвеєру надходить на конусну дробарку КСД-2200гр, де відбувається друга стадія дроблення до розмірів 0-150 мм, далі третя стадія дроблення відбувається за допомогою конусної дробарки КМД-2200гр.

Система грохотов ГИТ-52, СМД-121 передбачає сортування щебеню на необхідні фракції. Класифікація піску здійснюється в спіральному класифікаторі КСН-20. Після просіювання щебінь з конвеєрів надходить на склади готової продукції.

Технологія виробництва передбачає промивку продукції, що позитивно позначається на якісних характеристиках щебеню. Збільшується адгезія,

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальна частина			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Сторожук М.П									
Перевір.		Прядко С.Л								3	732
Реценз.								ІЕЕ каф.АУЕК			
Н. Контр.											
Затверд.		Прядко С.Л									

зменшується пиловиділення при будівельних роботах.

Винятком є зимовий період часу, через замерзаємість продукції в умовах мінусової температури.

3. Конусна дробарка КМД-2200Гр – дроблення граніту до фракції 0-30 мм

До складу ПрАТ «Новопавлівський гранітний кар'єр» входять: гірничий цех (кар'єр №2), дробильно-сортувальний комплекс (ДСЗ-1 і ДСЗ-2), цех гірничого внутрішньокар'єрного транспорту, залізничний цех, паливне господарство, відвалирозкривних порід. Загальна площа земельного відводу становить – 184,801 га. Проектна продуктивність кар'єра з видобування корисних копалин становить 500 тис. м³ в рік (1315 тис. т/рік). Проектна площа кар'єру при розробці затверджених запасів корисної копалини складає 99,8 га (по верхній брівці кар'єра). Фактична відмітка дна кар'єра розташована на горизонті (-50 м). Проектна відмітка дна кар'єра обмежена глибиною підрахунку запасів корисних копалин – відміткою горизонту (-140 м). З урахуванням позначки підрахунку запасів (-140 м), максимальна глибина кар'єру становить 190 м.

1.2 Технологія гірничих робіт і механізація виробничих процесів

Технологічна схема гірничих робіт визначається способом розробки і навантаження корисних копалин і розкривних порід, а також подальшим транспортуванням їх відповідно на дробильно-сортувальний цех (ДСЦ) або зовнішній відвал. Схему технологічного процесу виробництва гранітної продукції наведено на рис.1.1

Тип обладнання, яке використовується для подрібнення мігматитів до необхідних фракцій та його технічні характеристики

На підприємстві використовується для подрібнення мігматитів до необхідних фракцій наступне обладнання з наведеними характеристиками:

1. Щокова дробарка «Тельман-20» - дроблення граніту до фракції 0-200 мм
2. Конусна дробарка КСД-2200Гр – дроблення граніту до фракції 0-60 мм
3. Конусна дробарка КМД-2200Гр – дроблення граніту до фракції 0-30 мм
4. Грохота ГИТ-52,ГИЛ-52,СМД-121 – сортування на фракції 20-40, 10-20, 5-20, 5-10, відсів.

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Конвеєрні лінії – транспортування щебеневої продукції на склади та в залізничні вагони.

Середньорічні обсяги гірничих робіт з видобутку корисних копалин і розкривних порід, а також значення продуктивності за видами робіт і етапів відпрацювання наведені в таблиці 1.2



Рисунок 1.1 Схема технологічного процесу виробництва гранітної продукції
ПрАТ «Новопавлівський гранітний кар'єр»

Середньорічні обсяги гірничих робіт з видобутку корисних копалин і розкривних порід, а також значення продуктивності за видами робіт і етапів відпрацювання наведені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Продуктивність кар'єра за етапами відпрацювання

№ п/п	Види робіт	Продуктивність кар'єра		
		річна	добова	змінна
1	2	3	4	5
І етап (2018-2058 рр.)				
1.	Видобувні роботи, тис. т / тис.м ³	1315/500	5,5 / 2,08	2,75 / 1,04
2.	Розкривні роботи, тис.м ³	-	-	-
3.	Коефіцієнт розкриву м ³ / м ³	0		
ІІ етап (2059-2070 рр.) внутрішнє відвалоутворення				
4.	Видобувні роботи, тис. т / тис. м ³	1315/500	5,5 / 2,08	2,75 / 1,04
5.	Розкривні роботи, тис.м ³	180	750	375
6.	Коефіцієнт розкриву м ³ / м ³	0,36		
ІІІ етап (2071-2143 рр.)				
7.	Видобувні роботи, тис. т/тис. м ³	1315/500	5,5 / 2,08	2,75 / 1,04
8.	Розкривні роботи, тис. м ³	-	-	-
9.	Коефіцієнт розкриву м ³ /м ³	0		

1.3 Продуктивність кар'єру

Продуктивність, строк служби і режим роботи кар'єру

Для визначення продуктивності кар'єру по видобуванню гірничої маси приймаються дані, надані замовником щодо випуску товарної продукції (880,0 тис.м3 за рік). Видобуток гірничої маси (річний) розраховується в залежності від ваги товарної продукції:

$$1,1 \times 880 \times 0,07 + 1,45 \times 880 \times 0,73 + 1,50 \times 880 \times 0,2 = 67,76 + 931,48 + 264 = 1263,24 \text{ тис. т.}$$

де: 1,1 т/м3 – насипна маса каменю бутового;

0,07 - коефіцієнт виходу каменю бутового із гірничої маси для прийнятої технології переробки корисної копалини;

1,45 т/м3 – насипна маса щебеню;

0,73 – коефіцієнт виходу щебеню із гірничої маси для прийнятої технології переробки корисної копалини;

880,0 тис.м3 – річний випуск товарної продукції по даним замовника;

1,50 т/м3 – насипна маса відсіву;

0,2 – коефіцієнт виходу відсіву із гірничої маси для прийнятої технології переробки корисної копалини.

Відповідно до норм технологічного проектування (ОНТП 18-85) витрата гірської маси для виробництва товарної продукції з гранітів визначається коефіцієнтом, який встановлено на рівні 1,05 т/т.

$$1,05 \times 1263,24 = 1326,4 \text{ тис. т.}$$

Для реального відображення ваги видобутої гірничої маси потрібно в цю цифру включити експлуатаційні втрати: підривних робіт – 0,20%, та при транспортуванні – 0,3%.

$$1,002 \times 1,003 \times 1326,4 = 1333,04 \text{ тис. т.}$$

Відповідно лабораторних даних середня об'ємна маса мігматитів Новопавлівського родовища становить 2,68 т/м3, виходячи з цього середньорічний об'єм видобутку корисної копалини складе:

$$1333,04 : 2,68 = 497,4 \text{ тис. м3} \approx 500,0 \text{ тис. м3 щільному тілі.}$$

Режим роботи ПрАТ «Новопавлівський гранітний кар'єр» наведений у табл. 1.3

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3. Режим роботи підприємства

№ з/п	Показники	Од. виміру	Добування	Розкрив
1.	Річна продуктивність	тис. м ³	500,0	17,5
2.	Режим роботи		цілорічний	сезонний
3.	Число робочих днів за рік	день	260	130
4.	Кількість змін за добу	зміна	3	2
5.	Тривалість зміни	годин	8	8

При цьому розрахунковий строк служби кар'єра складі:

$$62530,0 : 500,0 = 125,06 \text{ років}$$

1.4 Добувні та розкривні роботи

За класифікацією БНіП корисна копалина відноситься до VIII-IX групи порід, по трудності екскавації – до IV категорії. Корисна копалина розробляється екскаватором ЕКГ-5А з ємністю ковша 5,0 м³. Річна продуктивність екскаватора ЕКГ-5А становить 1935,35 тис. м³.

Необхідна кількість екскаваторів ЕКГ-5А на виконання середньорічних об'ємів добувних робіт становить:

$$500 : 1935,35 = 0,3 \text{ шт.}$$

Для безперебійної роботи з розробки корисної копалини приймається 1 екскаватор ЕКГ-5А. У якості резервного обладнання передбачається використання ще одного екскаватора ЕКГ-5А, який є в наявності на кар'єрі.

Річний об'єм розкривних порід з урахуванням промислового коефіцієнту розкриття становить:

$$500 \times 0,035 = 17,5 \text{ тис. м}^3.$$

у т.ч. ГРШ – 0,86 тис. м³, пухкий розкрив – 16,64 тис. м³.

За $C_{\Pi} = 0,02 \dots 0,08$ – коефіцієнт опору руху (даний конвеєр використовується в шахті, для конвеєрів вугільних шахт $C_{\Pi} = 0,06$)

$$F_{CG} = 9,81(m_{\Gamma} + m_{\Delta})L_{\Gamma}(C_{\Pi} \cos \beta + \sin \beta) \quad (1.1)$$

$$F_{CG} = 9,81 \cdot (9,259 + 29)550(0,06 \cos 15^{\circ} + \sin 15^{\circ}) = 60875,6065 \text{ (H)}$$

$$F_{CO} = 9,81m_{\Delta}L_O(C_{\Pi} \cos \beta - \sin \beta) \quad (1.2)$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{CO} = 9,81 \cdot 29 \cdot 500(0,06 \cos 15^0 - \sin 15^0) = -28463,2245 (H)$$

Згідно формули (1.29) маємо:

$$F_C = 60875,6065 - 28463,2245 = 32412,382 (H)$$

1.5 Розрахункова потужність двигуна

$$P = \frac{K_3 F_C V_{MAX} \cdot 10^{-3}}{\eta_P} \quad (1.3)$$

де $K_3 = 1,2 \dots 1,5$ – коефіцієнт запасу потужності, враховуючий збільшення опору на перегибах, $K_3 = 1,2 \dots 1,5 = 1,2$, η_P – ККД редуктора, $\eta_P = 0,9$

$$P = \frac{1,2 \cdot 32412,382 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{0,9} = 108,041 (кВт)$$

Потрібна частота обертання двигуна:

$$n = \frac{60 i_P V_{MAX}}{\pi D_B} \quad (1.4)$$

$$V_{MAX} = 1,07 \cdot V \quad (1.5.)$$

$$V_{MAX} = 1,07 \cdot 2,5 = 2,675 м/с$$

Згідно формули (1.34) маємо:

$$n = \frac{60 \cdot 18,975 \cdot 2,675}{3,14 \cdot 0,63} = 1539,524 (об/хв)$$

По каталогу обираємо двигун **АД 2ВР-250S-4** з такими номінальними даними:

$P_H = 110 кВт$ – номінальна потужність

$n_H = 1500 об/хв$ – номінальна частота обертання

$S_H = 1 \%$ - номінальне ковзання

$\eta_H = 93,8 \%$ – номінальний ККД

$\cos \varphi = 0,9$

$U_H = 380/660 В$ – номінальна напруга

$I_H = 202/116 А$ – номінальний струм

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$J_{ДВ} = 2,93068 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – момент інерції двигуна

$m_{ДВ} = 892 \text{ кг}$ – маса двигуна

Кількість двигунів в приводному блоці – 1

Кратність:

$$\frac{M_{\Pi}}{M_H} = 2,1; \quad \frac{M_K}{M_H} = 3; \quad \frac{I_{\Pi}}{I_H} = 6,8$$

1.6 Приведена маса всього конвеєра

$$m_K = m_V + \delta(J_{ДВ} + J_M)\omega_H^2/V_{МАХ}^2\eta_H \quad (1.6)$$

де m_V – маса всіх частин конвеєра, які рухаються поступово.

$$m_V = K_V[(m_{\Gamma} + m_{\Delta})L + K_C(m'_{P,\Gamma} + m'_{P,O})L + K_C \sum m\delta] \quad (1.7)$$

$K_V = 0,85 \dots 0,9 = 0,85$ – коефіцієнт, який враховує подовження стрічки;

$K_C = 0,7 \dots 0,9 = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує, що кутова швидкість частини стрічки та обертових мас менше $V_{МАХ}$;

$m'_{P,\Gamma} = m_{P,\Gamma}/L_{P,\Gamma}$; $m'_{P,O} = m_{P,O}/L_{P,O}$ – маса погонної довжини обертаючих частин роликів відповідно робочої і холостої вітки конвеєра; $m_{P,\Gamma}, m_{P,O}$ – маса роликів відповідно завантаженої та порожньої вітки; $L_{P,\Gamma}, L_{P,O}$ – відстань між ними $L_{P,O} = 2 \dots 2,5 \text{ м}$; $\delta = 1,15$ – коефіцієнт, який враховує моменти інерції деталей привода, що обертаються повільніше, ніж вал двигуна; J_M – момент інерції муфти; η_{Π} – ККД в період пуску:

$$\eta_{\Pi} = 1 - (1 - \eta_P)K_{\Pi}C_{СТ} \quad (1.8)$$

$K_{\Pi} = 1,5$ – коефіцієнт, який враховує збільшення статичного опору при пуску; $C_{СТ} = 0,55 \dots 0,6 = 0,57$;

$$\eta_{\Pi} = 1 - (1 - 0,9) \cdot 1,5 \cdot 0,57 = 1 - 0,0855 = 0,9145$$

$\omega_H = n_H \cdot 0,105 = 1500 \cdot 0,105 = 157,5 \text{ с}^{-1}$ – номінальна кутова швидкість обертання.

$$m_V = 0,85 \cdot [(9,259 + 2 \cdot 29) \cdot 550 + 0,8 \cdot (28 + 7) \cdot 550 + 0,8 \cdot 28 \cdot 1,15] = \\ = 0,85 \cdot [36992,45 + 15400 + 25,76] = 44555,47 \text{ (кг)}$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_K = 44555,47 + 1,15 \cdot (2,93068 + 0,012) \cdot 157,5^2 / 2,675^2 \cdot 0,9145 = \\ = 44555,47 + 10728,4784 = 55283,95 \text{ (кг)}$$

Приведений до валу двигуна момент інерції конвеєрної установки:

$$J_{\text{ПР}} = m_K V_{\text{МАХ}}^2 / \omega_H^2 \quad (1.9.4)$$

$$J_{\text{ПР}} = 55283,95 \cdot 2,675^2 / 157,5^2 = 15,947 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2\text{)}$$

1.7 Розрахункове максимальне кутове прискорення двигуна конвеєра з регульованим приводом

$$\varepsilon < \varepsilon_{\text{МАКС}} = (0,7M_K - M_{\text{СТ}}) / J_{\text{ПР}} \quad (1.10.1)$$

де M_K – критичний момент асинхронного двигуна;

$$M_{\text{СТ}} = F_C V_{\text{МАХ}} / \omega_H \eta_P \quad (1.9)$$

$$M_{\text{СТ}} = 32412,382 \cdot 2,675 / 157,5 \cdot 0,9 = 611,66 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

$$M_K = 3 \cdot M_H \quad (1.10)$$

$$M_K = 3 \cdot 698,412 = 2095,236 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

$$\varepsilon_{\text{МАКС}} = (0,7 \cdot 2095,236 - 611,66) / 15,947 = 53,615 \text{ (с}^{-2}\text{)}$$

Приймаємо $\varepsilon = 50 \text{ (с}^{-2}\text{)}$

1.8 Максимальне зусилля на ободі барабану, виходячи з умов роботи конвеєра без ковзання стрічки

$$F_{\text{МАХ}} \leq F_{\text{СБ}} e^{\mu \alpha} \quad (1.11)$$

де $F_{\text{СБ}}$ – зусилля на збігаючій з приводного барабану вітки стрічки

$$F_{\text{СБ}} = [(K_H - 1)K_3 F_C + m_K a] / (e^{\mu \alpha} - K_H) \quad (1.12)$$

$K_H = \prod_1 K_{Hi}$ – результуючий коефіцієнт збільшення натягу стрічки від усіх участків перегину, без приводних барабанів; $K_{Hi} = 1,015 \dots 1,06$ більше значення приймають при більшому куті обхвату α

$$K_H = 1,037 \cdot 1,037 = 1,075$$

K_3 – коефіцієнт, який враховує збільшення F_C при проході стрічки по відхиляючим ся та згинаючим барабанам та роликам;

$$K_3 = 1,1 \dots 1,3 = 1,2$$

μ – коефіцієнт тертя між стрічкою та барабаном

$$\mu = 0,1 \dots 0,3 = 0,2$$

a – лінійне прискорення стрічки:

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a = \varepsilon D_B / 2i_p \quad (1.13)$$

$$a = 50 \cdot 0,63 / (2 \cdot 18,975) = 0,83$$

Згідно формули (1.44):

$$F_{CB} = \frac{[(1,075 - 1) \cdot 1,2 \cdot 32412,382 + 55283,95 \cdot 0,83]}{e^{0,2 \cdot 3,665} - 1,075} = 48496,527 (H)$$

$$F_{MAX} \leq 48496,527 \cdot e^{0,2 \cdot 3,665} = 100936,558 (H)$$

Зусилля натягу стрічки визначають в точці набігання стрічки на відхилений барабан натяжної станції:

$$F_O = F_{CB} + F_{CO} \quad (1.14)$$

$$F_O = 100936,558 - 28463,2245 = 72473,334 (H)$$

1.9 Побудова навантажувальних діаграм

Для побудови діаграм швидкості та прискорення рекомендується задаватися такими значеннями $V_1 = 0,1 \dots 0,15 \text{ м/с}$, ривком $\rho = 0,04 \dots 0,1 \text{ м/с}^3$.

Приймаємо $V_1 = 0,12 \text{ м/с}$, $\rho = 0,1 \text{ м/с}^3$

Тривалість, с:

зі змінним прискоренням:

$$t_1 = t_3 = a / \rho \quad (1.15)$$

$$t_1 = t_3 = 0,83 / 0,1 = 8,3$$

з постійним прискоренням:

$$t_2 = (V_{MAX} - 2V_1) / a \quad (1.16)$$

$$t_2 = (2,675 - 2 \cdot 0,12) / 0,83 = 2,934$$

загальний:

$$t_{\Pi} = t_1 + t_2 + t_3 \quad (1.17)$$

$$t_{\Pi} = 8,3 + 2,934 + 8,3 = 19,5$$

Діаграма швидкості в період:

$$t_1: \quad V_1 = 0,5 \rho t_1^2 = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 8,3^2 = 2,43 \text{ (м/с)}$$

$$t_2: \quad V_2 = V_{MAX} - V_1 = 2,675 - 2,43 = 0,245 \text{ (м/с)}$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_3: V_3 = V_2 + 0,5 \rho t_3^2 = 0,245 + 0,5 \cdot 0,1 \cdot 8,3^2 = 2,675 \text{ (м/с)}$$

Початковий статичний момент:

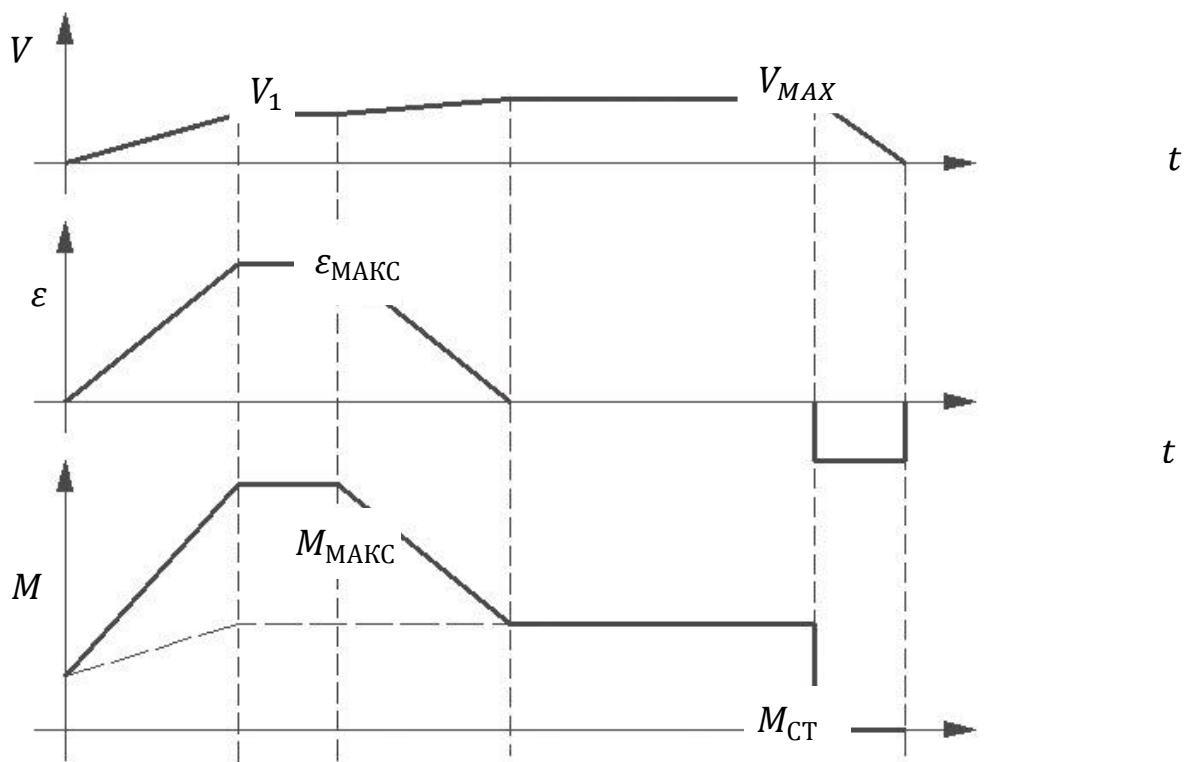
$$M_{C \text{ ПОЧ}} = (0,5 \dots 0,6) M_C \quad (1.18)$$

$$M_{C \text{ ПОЧ}} = 0,5 \cdot 611,66 = 305,83 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Діаграма моментів:

$$M_i = M_{Ci} + J_{PP} \varepsilon_i \quad (1.19)$$

$$M_{\text{МАКС}} = 611,66 + 15,947 \cdot 50 = 1409,01 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$



$M_{C \text{ ПОЧ}}$

Рисунок 1.2 Навантажувальна діаграма

t

$$\begin{array}{lll} t_1 = \varepsilon \quad (с) & t_2 = 2,4 \quad (с) & M_{t_p} = 305,83 \quad (Н \cdot м) \\ t_2 = 2 \cdot t_1 \quad (с) & t_3 = 0,2 \cdot t_3 \quad (с) & M_{\text{МАКС}} = 1409,01 \quad (Н \cdot м) \\ t_3 = 8,3 \quad (с) & V_{\text{МАКС}} = 2,675 \quad (м/с) & M_{CT} = 611,66 \quad (Н \cdot м) \\ t_p = 10 \quad (с) & \varepsilon_{\text{МАКС}} = 53,6 \quad (с^{-2}) & \\ t_T = 3 \quad (с) & & \end{array}$$

1.10 Вибір конвеєра та його параметрів на ЕВМ

Проведемо розрахунок технологічного навантаження на конвеєрну лінію за допомогою програми KONWEJER. Отримані результати занесемо в табл. 1.4

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1..4 Вихідні дані для розрахунку параметрів конвеєра:

Ширина стрічки	1000 мм
Телескопічний конвеєр	Ні
Кут нахилу виробки	15 ⁰
Продуктивність	300 т/год
Густина насипного вантажу	1,3 кг/м ³
Довжина транспортування	200 м

Паспортні дані вибраного конвеєра 2Л100У-01:

Приймальна спроможність	16,8 м ³ /мин
Максимальна продуктивність	850 т/год
Довжина поставки	2000 м
Швидкість стрічки	2,5 м/с
Потужність одного приводного блока	110 кВт
Кількість приводних блоків	2 шт
Ширина стрічки	1000 мм
Тип стрічки	2РТЛО-1500
Допустимий кут транспортування	від -3 ⁰ до +18 ⁰
Приведена лінійна густина роликоопор: - завантаженої вітки - порожньої вітки	28 кг/м 7 кг/м
Діаметр приводного барабана	630 мм
Діаметр роликоопор	127 мм

Паспортні дані конвеєрної стрічки 2РТЛО-1500:

Міцність на 1 см ширини стрічки	1500 кгс (14715 Н)
Подовження стрічки при навантаженні 10 % від розривної	не більше 0,5%
Ширина стрічки	800 – 1200 мм
Товщина стрічки	18 мм
Товщина резинової обкладки: - робочої - неробочої	5,5 мм 5,5 мм
Маса 1 м ² стрічки	29 кг

Попередній розрахунок конвеєра 2Л100У-01:

Допустима довжина транспортування при заданих умовах	649,8 м
Лінійна густина вантажу	33,3 кг/м
Лінійна густина стрічки	29 кг/м
Сила опору руху: - верхньої вітки - нижньої вітки	9157,2 кгс (89832,2 Н) -3318,2 кгс (-32551,6 Н)
Тягове зусилля привода	6131 кгс (60144,7 Н)
Потрібна потужність привода	187,8 кВт
Передаточне число редуктора	18,975
Розрахункове число обертів двигуна	1438,1 об/хв.

Паспортні дані асинхронного двигуна 2BP280S4:

Номінальні дані:	
потужність	110 кВт
частота обертання	1500 об/хв.
ковзання	1 %
коефіцієнт корисної дії	93,8 %
$\cos \varphi$	0,9
напруга	380/660 В
струм	202/116 А
Кратність	
M_{II}/M_H	2,1
M_M/M_H	3
I_{II}/I_H	6,8
Момент інерції	2,93068 кг·м ²
Маса двигуна	892 кг
Кількість двигунів в приводному блоці	1

Остаточний розрахунок конвеєра 2Л100У-01:

Лінійна густина вантажу	35,2 кг/м
Лінійна густина стрічки	29 кг/м
Фактична швидкість руху стрічки	2,37 м/с
Сила опору руху:	
- верхньої вітки	9416,5 кгс (92375,5 Н)
- нижньої вітки	-3318,2 кгс (-32551,6 Н)
Тягове зусилля привода	6403,2 кгс (62815,1 Н)
Розрахункова потужність привода при новій швидкості	186 кВт
Передавальне число редуктора	18,975
Момент інерції конвеєрної установки, приведений до швидкохідного валу редуктора	48,9 кг·м ² (480 Н·м ²)
Фактична продуктивність	300 т/год

2.Електоропостачання

2.1.Вихідні дані до проекту

Довжина кар'єра 4 км.

Ширина кар'єра 2.5 км

Кількість уступів 4

Екскаватори:

ЕКГ-8 1 шт.

Е-2503 1 шт

ЕКГ-5АУ 1 шт

ЕКГ-4,6Б 1 шт

Бурові верстати:

СБШ-250 1 шт

СБШ-215 1 шт

Потужність проммайданчика 250 кВт

Потужність водовідливу 190 кВт

Відвал за 4 км, працюють ЕКГ 5АУ 2 шт

Ширина робочої зони (А)=4000 м.

Довжина робочої зони (В)=2500 м.

$S^{(3)} = 500 \text{ мВА}$ -характеристика джерела живлення.

2.2 Розрахунок освітлення

2.2.1 Метод питомої потужності

Питома потужність на освітлення знаходиться із залежності Вт/м²:

$$\omega = \frac{P_{осв}}{S}, \quad (2.1)$$

де $P_{осв}$ – сумарна потужність ламп, Вт; S – площа освітлювальної поверхні, м².

$$P_{осв} = \omega \cdot S = \omega \cdot L \cdot b = 8 \cdot 6 \cdot 5 = 240 \text{ Вт}, \quad (2.2)$$

де L – довжина конвеєрної лінії,м; b – ширина робочого простору,м.

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сторожук М.П			Електропостачання	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мейта О.В					15	39
Реценз.						ІЕЕ каф.АУЕК		
Н. Контр.								
Затверд.		Прядко С.Л						

Необхідна кількість світильників:

$$N_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} / P_{\text{л}} = \frac{240}{60} = 4 \text{ шт.}, \quad (2.3)$$

де $P_{\text{л}}$ – потужність лампи. Обираємо світильник типу СЗВ-60 з лампою та наступними робочими характеристиками: $U=220 \text{ В}$; $P_{\text{л}}=60\text{Вт}$;

Відстань між окремими світильниками:

$$l = \frac{L}{N_{\text{осв}} + 1} = \frac{12}{4 + 1} = 2,4 \text{ м.} \quad (2.4)$$

Трансформатор освітлення:

$$S = \frac{N_{\text{осв}} \cdot P_{\text{л}}}{\eta_{\text{тер}} \cdot \eta_{\text{осв}} \cdot \cos \varphi} = \frac{4 \cdot 60}{0,95 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 1,01 \text{ кВА}$$

2.2.2 Метод світлового потоку

Необхідна кількість прожекторів і потужність їх ламп приблизно можна визначити методом питомої потужності, також методом світлового потоку.

$$\sum \Phi = E_{\text{н}} \cdot S \cdot Z \cdot K_{\text{з}} \cdot K_{\text{н}} = 0,2 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 1,3 \cdot 1,5 \cdot 1,2 = 3,744 \cdot 10^3 \text{ лм};$$

де $S = A \cdot B = 4000 \cdot 2500 = 10 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ - площа робочої зони

$K_{\text{з}}$ – коефіцієнт запасу (для прожекторних установок $K_{\text{з}} = 1,5$);

Необхідна кількість прожекторів:

$$N_{\text{пр}} = \frac{\sum \Phi}{\Phi_{\text{л}}} = \frac{3744000}{694000} = 5,395 \approx 6 \text{ шт.}, \quad (2.5)$$

де $\Phi_{\text{л}}$ - світловий потік лампи прожектора, лм;.

Прожектори встановлюються групами на стаціонарних чи пересувних мачтах або покрівлях будівель, рідше – по одному прожектору. За умовами обмеження осліплюючої дії прожекторів, висота

їх установки визначається за умовою $h \geq \sqrt{\frac{I_{\text{max}}}{300}}$, де I_{max} – осьова сила

світла прожектора, кд.

$$h \geq \sqrt{\frac{650\,000}{300}} = 47 \text{ м.} \quad (2.7)$$

Трансформатор освітлення:

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = \frac{N_{осв} \cdot P_{л}}{\eta_{мер} \cdot \eta_{осв} \cdot \cos \varphi} = \frac{6 \cdot 20}{0.95 \cdot 0.5 \cdot 0.75} = 336.842 \text{ кВА};$$

3.3

2.2.3 Розрахунок освітлювальних кабелів

Переріз жил освітлювального кабеля знаходять з відношення:

$$S = M / (C \cdot \Delta U), \quad (2.8)$$

де M - момент навантаження, кВт·м; $\Delta U = 4\%$ - нормативне значення втрат напруги; C - коефіцієнт залежності від матеріалу провідника та напруги мережі, $C = 72$ для кабельної лінії з мідними жилами при напрузі 380/220 В.

Момент навантаження:

$$M = P \cdot L / 2, \quad (2.9)$$

де P - потужність лампи, кВт; L - довжина лінії, м.

2.3.1. Визначення електричних навантажень і вибір потужності трансформаторів

Значна частина пересувних трансформаторних підстанцій (ПТП) обслуговує однотипні по режиму роботи електроприймачі. Часто число їх не перевищує трьох-чотирьох, нерідкі випадки харчування одного потужного верстата від ПТП. У цих випадках

Розрахункове навантаження електроприймача визначається з виразів: $P_p = P_H$

$$Q_p = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \operatorname{tg} \varphi_H, \quad S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.10)$$

де: P_p , Q_p , S_p - відповідно активна, реактивна складові і повна розрахункова потужність;

P_H - номінальна потужність електроприймача;

N - число електроприймачів у групі;

- відповідає розрахунковим значенням коефіцієнта потужності.

зазвичай вибирають із співвідношення: $S_{нт} \geq S_p$

Однак при виборі трансформаторів слід враховувати його перевантажувальну здатність. Так як коефіцієнт заповнення графіка навантаження ПТП кар'єрів

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зазвичай не перевищує 0,75, можна допустити систематичні перевантаження трансформатора до 30%.

Розрахункове навантаження на первинній стороні трансформатора з

урахуванням втрат в трансформаторі: $S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_{TP})^2 + (Q_p + \Delta Q_{TP})^2}$,

Орієнтовно можна прийняти: $\Delta P_{TP} = 0,02 \cdot S_{HT}$, $\Delta Q_{TP} = 0,1 \cdot S_{HT}$.

2.3.2 Визначення електричних навантажень і вибір трансформатора для бурових установок СБШ-250 і СБШ-215.

$P_H = 360$ кВт. $P_p = P_H = 360$ кВт.

$Q_p = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \operatorname{tg} \varphi_p = \frac{360}{0,91} \cdot \operatorname{tg}(\arccos 0,87) = 224.19$ квар.

$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{360^2 + 224.19^2} = 424.1$ кВА.

Приймаємо для енергопостачання СБШ-250 і СБШ-215 трансформатор масляний серії ТМ-500 / 610 $U_1 = 6$ кВ, $U_2 = 0,4$ кВ, $S_{H,TP} = 500$ кВА.

$\Delta P_{TP} = 0,02 \cdot S_{H,TP} = 0,02 \cdot 500 = 10$ кВт.

$\Delta Q_{TP} = 0,1 \cdot S_{H,TP} = 0,1 \cdot 500 = 50$ квар.

$S_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_{TP})^2 + (Q_p + \Delta Q_{TP})^2} = \sqrt{(360 + 10)^2 + (224.19 + 50)^2} = 460.52$ кВА.

2.3.3 Визначення електричних навантажень для екскаватора ЕКГ-5АУ і ЕКГ-4,6Б.

$P_H = 250$ кВт. $P_p = P_H = 250$ кВт.

$Q_p = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \operatorname{tg} \varphi_H = \frac{250}{0,92} \cdot \operatorname{tg}(\arccos 0,91) = 125$ квар.

$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{250^2 + 125^2} = 279$ кВА.

$S_{H,TP} = 400$ кВА.

$\Delta P_{TP} = 0,02 \cdot S_{H,TP} = 0,02 \cdot 400 = 8$ кВт.

$\Delta Q_{TP} = 0,1 \cdot S_{H,TP} = 0,1 \cdot 400 = 40$ квар.

2.3.4 Визначення електричних навантажень для екскаватора ЕКГ-8 і Э-2503.

$P_H = 520$ кВт $P_p = P_H = 520$ кВт.

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_p = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \operatorname{tg} \varphi_H = \frac{520}{0,93} \cdot \operatorname{tg}(\arccos(-0,9)) = -271 \text{ квар.}$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{520^2 + (-271)^2} = 586.4 \text{ кВА.}$$

$$S_{H.TP} = 630 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_{TP} = 0,02 \cdot S_{H.TP} = 0,02 \cdot 630 = 12.6 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_{TP} = 0,1 \cdot S_{H.TP} = 0,1 \cdot 630 = 63 \text{ квар.}$$

2.3.5 Визначення електричних навантажень для водовідливу.

$$P_H = 190 \text{ кВт.} \quad P_p = P_H = 190 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \operatorname{tg} \varphi_H = \frac{190}{0,8} \cdot \operatorname{tg}(\arccos(0,8)) = 178.125 \text{ квар.}$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{190^2 + 178.125^2} = 260.4 \text{ кВА.}$$

2.3.6 Визначення електричних навантажень і вибір трансформатора для проммайданчика і водовідливу.

Сумарна потужність проммайданчика і водовідливу, враховуючи коефіцієнт використання: $P_{H\Pi} \equiv P_{H\Pi} \cdot K_{\Pi} \equiv 250 \cdot 0.65 = 162.5 \text{ кВт}$

$$P_{HB} \equiv P_{HB} \cdot K_{\Pi} \equiv 190 \cdot 0.85 = 161.5 \text{ кВт}$$

$$Q_{H\Pi} = Q_{H\Pi} \cdot K_{\Pi} \equiv 275.599 \cdot 0.65 = 179.14 \text{ квар}$$

$$Q_{HB} \equiv Q_{HB} \cdot K_{\Pi} \equiv 260.4 \cdot 0.85 = 221.34 \text{ квар}$$

Розрахункова навантаження трансформатора :

$$S'_p = \sqrt{(\sum P_p)^2 + (\sum Q_p)^2} = \sqrt{(162.5 + 161.5)^2 + (179.14 + 221.34)^2} = 515.131 \text{ кВт}$$

Приймаємо для харчування проммайданчика і водовідливу трансформатор масляний серії ТМ-630/6-10

$$U_1 = 6 \text{ кВ, } U_2 = 0,4 \text{ кВ, } S_{H.TP} = 630 \text{ кВА.}$$

$$\Delta P_{TP} = 0,02 \cdot S_{H.TP} = 0,02 \cdot 630 = 12.6 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_{TP} = 0,1 \cdot S_{H.TP} = 0,1 \cdot 630 = 63 \text{ квар.}$$

$$S'_p = \sqrt{(P_p + \Delta P_{TP})^2 + (Q_p + \Delta Q_{TP})^2} = \sqrt{(162.5 + 161.5 + 12.6)^2 + (179.14 + 221.34 + 63)^2} = 572.8 \text{ кВА}$$

2.3.7 Визначення електричних навантажень і вибір трансформатора для освітлення.

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_H=20 \text{ кВт.}$$

$$P_P = P_H = 20 \text{ кВт.}$$

$$Q_P = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \operatorname{tg} \varphi_H = \frac{20}{0,76} \cdot \operatorname{tg}(\arccos(0,9)) = 12,6 \text{ квар.}$$

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2} = \sqrt{20^2 + 12,6^2} = 23,6 \text{ кВА.}$$

Приймаємо для живлення освітлення трансформатор масляний сериї ТМ-25/6-10

$$U_1=6 \text{ кВ, } U_2=0,4 \text{ кВ, } S_{H.TP}=25 \text{ кВА}$$

$$\Delta P_{TP} = 0,02 \cdot S_{H.TP} = 0,02 \cdot 25 = 0,5 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_{TP} = 0,1 \cdot S_{H.TP} = 0,1 \cdot 25 = 2,5 \text{ квар.}$$

$$S'_P = \sqrt{(P_P + \Delta P_{TP})^2 + (Q_P + \Delta Q_{TP})^2} = \sqrt{(20 + 0,5)^2 + (12,6 + 2,5)^2} = 25,4 \text{ кВА.}$$

2.3.8. Вибір потужності трансформатора ГПП

Розрахункове навантаження трансформатора ГПП:

$$S'_P = K_{CM} \cdot \sqrt{(\sum P_P)^2 + (\sum Q_P)^2} = 0,9 \cdot \sqrt{3340,05^2 + 39,52^2} = 3006,25 \text{ кВА.}$$

де K_{CM} – коефіцієнт суміщення максимуму. Приймаємо рівним $K_{CM}=0,9$.

$$\operatorname{Cos} \varphi_P = \frac{P_P}{\sqrt{(\sum P_P)^2 + (\sum Q_P)^2}} = \frac{3340,05}{\sqrt{3340,05^2 + 39,52^2}} = 0,9999$$

ТСЛ-3150/6(10)-0,4кВ

Проведемо розрахунок електричних навантажень, результати розрахунку занесемо в таблицю 2.1

Таблиця.2.1 - розрахунок електричних навантажень

Приймачі електричної енергії	Кількість	P _H кВт	Коефіцієнти			Розрахункова потужність		
			η_H	$\operatorname{Cos} \varphi_H$	$\operatorname{tg} \varphi_H$	$P_P = P_H \cdot K_{II}$ кВт	$Q_P = P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi_H$ квар	S_P кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Магістральна ЛЕП №1								
Електроприймачі 0,4 кВ.								
ДКСТ-20000	1	20	0,35	0,9	0,48	20	12,75+2,5	23,7
ТМ-25	1	-	-	-	-	-	-	25
ДКСТ-20000	1	20	0,35	0,9	0,48	20	12,75+2,5	23,7
ТМ-25	1	-	-	-	-	-	-	25
ДКСТ-20000	1	20	0,35	0,9	0,48	20	12,75+2,5	23,7

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				7

ТМ-25	1	-	-	-	-	-	-	25
ПКТП 1	3	-	-	-	-	-	-	480
Сумма по 0,4 кВ						60	38,5	
Електроприймачі 6 кВ.								
ЭКГ-4,6Б	1	250	0,92	0,91	0,46	250+8	125	279
Трансформатор	1	-	-	-	-	-	-	400
Сумма по 6 кВ						250	-22	
Сумма по ЛЕП №1						310	141,5	1305,1
Магістральна ЛЕП №2								
Електроприймачі 0,4 кВ.								
СБШ-215	1	360	0,85	0,83	0,67	252(Кп=0.7)	168.84	303.3
ПКТП3	1	-	-	-	-	-	-	160
ДКСТ-20000	1	20	0,76	0,9	0,48	20+0,5	12,75+2,5	23,7
ТМ-25	1	-	-	-	-	-	-	25
ПКТП2	1	-	-	-	-	-	-	160
Сумма по 0,4 кВ						380	236,94	792,8
Електроприймачі 6 кВ.								
Э-2503	1	520	0,92	0,91	0,46	312(Кп=0.6)	143.52	343.4
Трансформатор	1	-	-	-	-	-	-	400
Сумма по 6 кВ						520	-1152,2	986,4
Сумма по ЛЕП №2						900	-1186,26	1779,2
ЛЕП №3								
Електроприймачі 0,4 кВ.								
Промплощадка	1	250	-	0,75	0,88	250	275,6	372,1
ТМ-1000	1	-	-	-	-	-	-	1000
Водоотлив	1	190	-	0,8	0,75	190	178	260,4
ПКТП3	1	-	-	-	-	-	-	630
Сумма по ЛЕП №3						440	453,6	2262,5
Магістральна ЛЕП №4								
Електроприймачі 0,4 кВ.								
ДКСТ-20000	1	20	0,35	0,9	0,48	20+0,5	12,75+2,5	23,7
ТМ-25	1	-	-	-	-	-	-	25
ПКТП4	1	-	-	-	-	-	-	160
Сумма по 0,4 кВ						20	12,75	208,7
Електроприймачі 6 кВ.								
ЭКГ-5АУ	1	250	0,92	0,91	0,46	250	125	279

Трансформатор	1	-	-	-	-	-	-	400
ЭКГ-8	1	520	0,69	-0,9	-0,48	520	-271	586,4
Трансформатор	1	-	-	-	-	-	-	1000
Сумма по 6 кВ						770	-22	
Сумма по ЛЕП №4						790	-155,25	2474,1
Магістральна ЛЕП №6								
Електроприймачі 0,4 кВ.								
ДКсТ-20000	1	20	0,35	0,9	0,48	20+0,5	12,75+2,5	23,7
ТМ-25	1	-	-	-	-	-	-	25
ДКсТ-20000	1	20	0,35	0,9	0,48	20+0,5	12,75+2,5	23,7
ТМ-25	1	-	-	-	-	-	-	25
СБШ-250	1	360	0,85	0,83	0,67	360	224,19	424,1
ПКТП6	3	-	-	-	-	-	-	320
Сумма по 6 кВ						400	249,69	
Сумма по ЛЕП №6						400	249,69	841,5
ЛЕП №5								
Електроприймачі 0,4 кВ.								
ДРЛ-250	7	0,25	0,15	0,65	0,38	0,25	0,12	0,27
ПКТП5	1	-	-	-	-	-	-	160
ДРЛ-250	7	0,25	0,15	0,65	0,38	0,25	0,12	0,27
ПКТП5	1	-	-	-	-	-	-	160
Сумма по 0,4 кВ						0,5	0,24	320,54
Електроприймачі 6 кВ.								
ЭКГ-5АУ	1	250	0,92	0,91	0,46	250	279	279
Трансформатор	1	-	-	-	-	-	-	400
ЭКГ-5АУ	1	250	0,92	0,91	0,46	250	279	279
Трансформатор	1	-	-	-	-	-	-	400
Сумма по 6 кВ						500	-22	
Сумма по ЛЕП №2						500,05	536,24	167
								8,6
Сумма по ГПП						3340,05	39,52	103
								41

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ			Арк.
								9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

2.4. Розрахунок електричної мережі кар'єра

Розрахунок електричної мережі підприємства полягає в аналітичному визначенні та виборі такого перерізу провідників повітряних ліній (ПЛ) і жил кабельних ліній (КЛ), що задовольняли б критеріям:

- за допустимим нагрівом розрахунковим (робочим) струмом в тривалому режимі роботи;
- за економічною густиною струму;
- за допустимими втратами напруги;
- за термічною стійкістю струму КЗ (тільки для КЛ);
- за механічною міцністю.

За результатами розрахунків приймається найбільше значення стандартного перерізу, як таке, що задовольняє вище означеним критеріям.

2.4.1 Розрахунок електричної мережі за нагрівом, розрахунковим струмом в тривалому режимі

Вибір перерізу проводів повітряних ліній та жил кабелів за нагрівом розрахунковим (робочим) струмом в нормальному тривалому режимі роботи полягає в порівнянні розрахункового струму і-ї лінії з допустимим струмом, для якого ПВЕ рекомендує стандартні значення перерізів проводів ПЛ та жил кабелів, за умови:

$$I_p \leq I_{\text{доп}}, \quad (2.4.1)$$

де I_p - розрахунковий (або робочий) струм і-ї лінії, А; $I_{\text{доп}}$ - тривало-допустимі струми для стандартного ряду перерізів провідника ліній.

Допустимі значення струмів визначені для розрахункової (початкової) температури навколишнього середовища в повітрі $\theta_{\text{н.с.ст.}}=25^{\circ}\text{C}$, а для кабелів в землі або воді $\theta_{\text{н.с.ст.}}=15^{\circ}\text{C}$. У разі відхилення фактичної температури $\theta_{\text{ф}}$ від стандартної має бути введений коефіцієнт поправки k_T .

Зменшення допустимої температури перегріву за рахунок зниження тепловіддачі паралельно прокладених кабелів коригується коефіцієнтом поправки $k_{\text{П}}$. Значення коефіцієнтів наведені в ПВЕ. Отже, допустимий струм з урахуванням поправок може стати як більшим, так і меншим за $I_{\text{доп}}$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						230
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I'_{\text{доп}} = k_T k_{\text{II}} I_{\text{доп}}, \text{ A.} \quad (2.11)$$

В розрахунках провідників за нагрівом приймають найближче більше значення перерізу. Якщо очікувані температурні умови експлуатації ліній не означені, приймаються нормальні стандартні умови.

Результати розрахунків зведено до таблиці 4.6.

Розрахункові струми:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}}, \text{ A} \quad (2.12)$$

Розрахунок лінії KL1.1:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{23,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 34,2 \text{ A}$$

для L1.1':

$$I_p = \frac{S'_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{25,6}{\sqrt{3} \cdot 6} = 2,46$$

Розрахунок лінії KL1.2:

$$I_{p\text{э}} = \frac{\sum P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H} + \frac{\sum S_{\text{HT}}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,9} + \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6} = 65,2 \text{ A.}$$

$$I_p = 65,2 \text{ A}$$

Розрахунок лінії KL2.2:

$$I_{p\text{э}} = \frac{\sum P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H} + \frac{\sum S_{\text{HT}}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{520}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,9} + \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6} = 116 \text{ A}$$

$$I_p = 116 \text{ A}$$

Розрахунок лінії KL2,1

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 519,6 \text{ A}$$

Розрахунок лінії L2.1:

$$I_p = \frac{S'_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{359}{\sqrt{3} \cdot 6} = 34,54 \text{ A}$$

Максимальне значення струму для магістральних ліній L1 і L1: 519,6A
приймаємо максимальне значення струму: $I_p = 520 \text{ A}$

Розрахунок лінії L3:

$$I_{p\text{э}} = \frac{\sum P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H} + \frac{\sum S_{\text{HT}}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{250 + 190}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,9} + \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6} = 143,268 \text{ A}$$

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						242
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_p = 143,3 \text{ A}$$

Розрахунок лінії L3,1:

$$I_p = \frac{S'_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6} = 60.62 \text{ A}$$

Розрахунок лінії L4,1:

$$I_p = \frac{S'_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{281}{\sqrt{3} \cdot 6} = 27 \text{ A}$$

2.4.2 Вибір перерізу кабелю за умовою механічної міцності

В практиці проектування електропостачання промислових підприємств переріз проводів ПЛ вибирають за даними мінімально допустимих перерізів за механічною міцністю згідно ПУЕ в залежності від типу ліній та напруги. На даному етапі розрахунку електричної мережі перерізу провідників ліній, що отримані за нагрівом, економічною густиною струму та за механічною міцністю, зводять в порівняльну таблицю.

Для найбільшого стандартного значення перерізу виконано перевірку за допустимою втратою напруги в кожній лінії. Результати розрахунків зведено до таблиці 4.6.

2.4.3 Розрахунок електричної мережі за допустимими втратами напруги

Розрахунок електричної мережі за допустимим втратами напруги полягає в перевірці найбільшого перерізу отриманого в результаті розрахунків за означеними вище умовами.

В загальному випадку допустима втрата напруги продиктована допустимими відхиленнями напруги ($\pm 5\%$) і по абсолютній величині дорівнює 10%.

В конкретному випадку лінії живляться від РП ГПП, що обладнана трансформаторами з РПН. Похибку автоматичного регулювання напруги приймаємо $\pm 1.25\%$, що за абсолютною величиною складає 2.5%. Таким чином, при автоматичному регулюванні напруги на ГПП, втрати напруги в трансформаторі будуть компенсуватися регулятором, а втрати напруги в будь-якій лінії не повинні перевищувати:

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						253
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$|\Delta u_{\text{доп\%}}| = 10\% - 2,5\% = 7,5\% .$$

Розрахункова втрата напруги в і-тій лінії:

$$\Delta u_{P_i\%} = \frac{P_{P_i} \cdot R_{L_i} + Q_{P_i} \cdot X_{L_i}}{10U_{\text{НОМ}}^2}, \quad (2.13)$$

де P_{P_i} та Q_{P_i} – розрахункові значення активної та реактивної потужності і-тої лінії, кВт; $R_{P_i} = r_0 L_i$, $X_{P_i} = x_0 L_i$ – активний та реактивний опори ліній, Ом; L_i – довжина лінії, м; $x_0 = 0,4$ Ом/км – реактивний опір ПЛ, $U > 1$ кВ довжиною 1 км; $x_0 = 0,08$ Ом/км – реактивний опір КЛ, $U > 1$ кВ довжиною 1 км; r_0 – активний опір лінії довжиною 1000 м, $r_0 = 1000/(\gamma S)$; S – переріз проводу ПЛ або жили КЛ, мм²; γ – питомий опір матеріалу провідника : для алюмінію $\gamma = 32$ м/(Ом*м²), для міді $\gamma = 55$ м/(Ом*м²).

Якщо розрахункові втрати напруги у будь-якій лінії перевищують допустиму, то потрібно збільшити переріз провідників лінії, або передбачити прокладку двох паралельних ліній. Результати розрахунків зведено до таблиці

Втрати напруги на **L1**:

$$\Delta U_{L1} \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_H^2} = \frac{310 \cdot 1.3 + 141.5 \cdot 1.69}{10 \cdot 6^2} = 1.78 \%$$

де $R = r_0 \cdot L_1 = 0,27 \cdot 4.8 = 1.3 \text{ Ом.}$

$$X = x_0 \cdot L_1 = 0,352 \cdot 4.8 = 1.69 \text{ Ом.}$$

Для А-120 - $r_0 = 0,27$ Ом/км, $x_0 = 0,352$ Ом/км при расстояннии между проводами 1,5 м.

Втрати напруги на **L2**:

$$\Delta U_{L2} \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_H^2} = \frac{900 \cdot 1.418 - 1186.26 \cdot 1.848}{10 \cdot 6^2} = 2.54 \%$$

где $R = r_0 \cdot L_2 = 0,27 \cdot 5.25 = 1.418 \text{ Ом.}$

$$X = x_0 \cdot L_2 = 0,352 \cdot 5.25 = 1.848 \text{ Ом.}$$

Втрати напруги на **L3**:

$$\Delta U_{L3} \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_H^2} = \frac{440 \cdot 0.491 + 453.6 \cdot 0.407}{10 \cdot 6^2} = 1.112 \%$$

где $R = r_0 \cdot L_1 = 0,446 \cdot 1.1 = 0.491 \text{ Ом.}$

$$X = x_0 \cdot L_1 = 0,37 \cdot 1.1 = 0.407 \text{ Ом.}$$

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						264
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для А-70 - $r_0=0,446$ Ом/км, $x_0=0,37$ Ом/км

Втрати напруги на **L4:**

$$\Delta U_{L1} \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_H^2} = \frac{790 \cdot 3.916 - 155.25 \cdot 1.76}{10 \cdot 6^2} = 7.83 \%$$

где $R = r_0 \cdot L_1 = 0,89 \cdot 4.4 = 3.916$ Ом.

$$X = x_0 \cdot L_1 = 0,4 \cdot 4.4 = 1.76 \text{ Ом.}$$

Для А-35- $r_0=0,89$ Ом/км, $x_0=0,4$ Ом/км

Втрати напруги на **L5:**

$$\Delta U_{L1} \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_H^2} = \frac{400 \cdot 1.323 + 249.69 \cdot 1.725}{10 \cdot 6^2} = 2.67 \%$$

Де $R = r_0 \cdot L_1 = 0,27 \cdot 4.09 = 1.323$ Ом.

$$X = x_0 \cdot L_1 = 0,352 \cdot 4.09 = 1.725 \text{ Ом.}$$

Для А-120 - $r_0=0,27$ Ом/км, $x_0=0,352$ Ом/км при відстані між проводами 1,5 м

Втрати напруги на **L6:**

$$\Delta U_{L1} \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_H^2} = \frac{500 \cdot 1.323 + 536.24 \cdot 1.725}{10 \cdot 6^2} = 4.41 \%$$

где $R = r_0 \cdot L_1 = 0,27 \cdot 4.09 = 1.323$ Ом.

$$X = x_0 \cdot L_1 = 0,352 \cdot 4.09 = 1.725 \text{ Ом.}$$

Для А-120 - $r_0=0,27$ Ом/км, $x_0=0,352$ Ом/км при відстані між проводами 1,5 м

Перевіримо мережу по падінню напруги до найбільш віддаленого споживача СБШ-250 по лінії L6:

Втрати напруги на KL6.2:

$$\Delta U_{L2.4a} \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_H^2} = \frac{360 \cdot 0,0385 + 224.19 \cdot 0.019}{10 \cdot 0,4^2} = 11.3 \%$$

где $P = P_{СБШ} = 360$ кВт.

$$Q = Q_{СБШ} = 224.19 \text{ квар.}$$

$$R = r_0 \cdot L_{13} = 0.154 \cdot 0.25 = 0.0385 \text{ Ом.}$$

$$X = x_0 \cdot L_{13} = 0,076 \cdot 0.25 = 0.019 \text{ Ом.}$$

Для 2*КРПТЗ*150+1*3- $r_0=0.154$ Ом/км, $x_0=0,076$ Ом/км.

Втрати напруги на L6.2:

$$\Delta U_{KL11} \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_H^2} = \frac{368 \cdot 1.418 + 264.19 \cdot 1.848}{10 \cdot 6^2} = 2.81 \%$$

где $P = P_{СБШ} + P_{TP} = 360 + 8 = 368$ кВт.

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						275
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = Q_{\text{СБШ}} + \Delta Q_{\text{ТР}} = 224.1 + 40 = 264.19 \text{ квар.}$$

где $R = r_0 \cdot L_2 = 0,27 \cdot 5.25 = 1.418 \text{ Ом.}$

$$X = x_0 \cdot L_2 = 0,352 \cdot 5.25 = 1.848 \text{ Ом.}$$

Для А-120 - $r_0=0,27 \text{ Ом/км, } x_0=0,352 \text{ Ом/км.}$

Падіння напруги на самому віддаленому споживача СБШ-250 по L6

$$\text{дорівнюватиме: } \Delta U\% = \Delta U_{\text{KL6.2}}\% + \Delta U_{\text{L6.2}}\% = 11.3 + 2.81 = 14.1\% > 10\%,$$

Таблиця 2.2 - Розрахунок параметрів кабелю та вибір його перерізу.

№ лінії	Тип лінії	Довжина $L, \text{ м}$	$S_p, \text{ кВА}$	$I_p, \text{ А}$	$S, \text{ мм}^2$	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$	$j_e, \text{ А/мм}$	$S_{je}, \text{ мм}^2$	$r_0, \text{ Ом}$	$X_0, \text{ Ом}$	$\Delta U \%$
L1	(ПЛ)	4800	1743.82	167.8	А-120	375	1	167.8	0.27	0.352	1.78
KL1.1	(КБ)	250	23.7	34.2	ППШ-2*10	70	1	34.2	0,86	0,4	4.576
KL1.2	(КБ)	250	677.57	65.2	ППШ-2*10	70	1	65.2	0,4	0,4	4,95
L2	(ПЛ)	5250	2080.53	200	А-120	375	1	200	0.27	0.352	2.54
KL2.1	(КБ)	250	519.6	50	2*КВРГТ 3*150+1*3	358	1	519.6	0.154	0.076	2382
KL2.2	(КБ)	250	1205.51	116	КВГШ-3*25+1*10	147	1	116	0,56	0,08	3.152
L3	(ПЛ)	1100	1486.81	143.268	А-70	265	1	143.268	0,446	0.37	1.112
L3.1	(ПЛ)	250	630	60.62	А-35	170	1	60.62	0.89	0,4	0,75
L4	(ПЛ)	4400	805.11	77.47	А-35	170	1	77.47	0.89	0,4	7.83
KL4.1	(КБ)	250	281	27	КВГШ-3*25+1*10	105	1	27	0,56	0,08	3.586
L5	(ПЛ)	4100	471.534	45.37	А-120	375	1	45.37	0.27	0.352	2.67
L6	(ПЛ)	4100	733.17	70.55	А-120	375	1	70.55	0.27	0.352	4.41
KL6.2	(КБ)	250	424	40.809	2*КВРГТ 3*150+1*3	358	1	40.809	0.154	0.076	2.81

2.5.1. Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою

Для обчислення струмів КЗ складається розрахункова схема, відповідна нормальному режиму роботи системи електропостачання. За розрахункової схемою складають схему заміщення, в якій вказують опору всіх джерел і споживачів і намічають точки для розрахунку струмів КЗ.

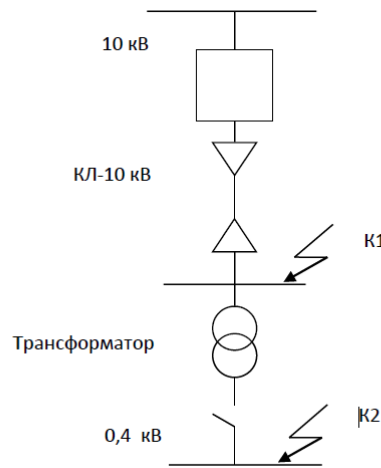


Рис.2.1 Розрахункова схема для розрахунку струмів к.з.

При розрахунку у відносних одиницях спочатку вибирають базисні величини. Базове напруга кожного ступеня приймається на 5% вище номінальної напруги мережі за шкалою наведеною в довіднику. Приймаємо $U_{B1} = 37 \text{ кВ}$, $U_{B2} = 6,3 \text{ кВ}$. Схема заміщення має вигляд(Рис.5.4.2).

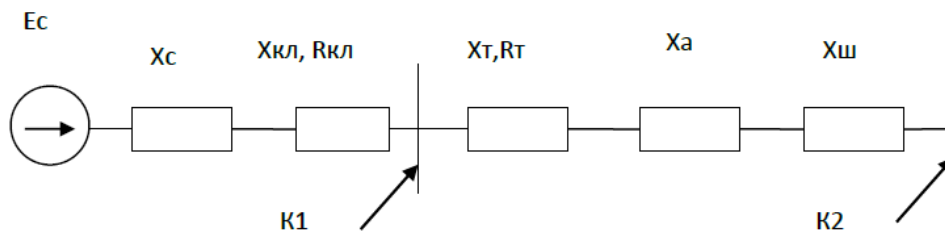


Рис.2.2 Схема заміщення для розрахунку струмів к.з

Базисна потужність - це потужність, величина якої приймається за умовну одиницю. Приймаємо $S_b = 100 \text{ МВА}$.

При обраних базисної потужності і напрузі, базисні струми діють в елементах і-тих ступенів і приведені до базисної потужності, визначаються за формулою:

$$I_{B1} = \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot U_{B1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56 \text{ кА.}$$

$$I_{B2} = \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot U_{B2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,16 \text{ кА.}$$

Система, від якої живиться кар'єр, є потужним енергетичним об'єднанням і є джерелом необмеженої потужності, віддаленим від шин споживача на опір зв'язку X_c . Потужність відключення прирівнюється потужності трифазного КЗ.

Цьому випадку опір системи в відносних одиницях визначають за формулою:

$$Z_{*Б.С} = \frac{S_B}{S_K^{(3)}} = \frac{100}{500} = 0,2.$$

$$S_0 = S_K^{(3)} = 500 \text{ МВА.}$$

Для трансформаторів (при кВА) відносне активний опір не враховується. Відносне реактивний опір таких трансформаторів відповідає напрузі КЗ в відносних одиницях, тобто . Реактивний опір, наведене до базисних умов, визначається за формулою:

$$Z_{*Б.Т} = X_{*Б.Т} = \frac{U_K \% \cdot S_B}{100 \cdot S_{HT}},$$

де $U_K \%$ - напруга короткого замикання;

S_{HT} – номінальна потужність трансформатора.

$$Z_{*Б.Т1} = X_{*Б.Т1} = \frac{U_R \% \cdot S_B}{100 \cdot S_{HT}} = \frac{7,5 \cdot 100 \cdot 10^3}{100 \cdot 6300} = 1,19 \text{ о.б.е.}$$

Визначаємо базисні відносини опору для кожної точки короткого замикання:

Таблиця 2.3

Базисні відносини опору

Лінія	R, Ом	X, Ом	X*б, о.б.е.	Z*б, о.б.е.	I*б, о.б.е.	точки К.З.	Z*бК, о.б.е.
					9,16		1,39
L1	0,864	1,1264	2,837994		9,16	K1	1,700406
KL1.1	0,0945	0,1232	0,310406		9,16	K2	2,897685
KL1.2	0,3645	0,4752	1,197279		9,16	K3	3,130741
KL1.3	0,1115	0,0925	0,233056	0,375699	9,16	K4	3,50644
KL1.4	0,148	0,0182	0,418745		9,16	K5	4,46483
L2	0,27	0,352	1,567145		9,16	K6	4,930942
KL2.1	0,223	0,185	0,466112		9,16	K7	4,908267
KL2.2	0,135	0,176	0,443437		9,16	K8	5,514213
L3	0,5946	0,7744	1,951121	0,157577	9,16		5,67179
L1,1	0,3122	0,259	0,652557		9,16	K17	5,747269
L1,2	0,0892	0,074	0,186445	0,375699	9,16	K18	6,122968
L4	0,4054	0,528	1,33031		9,16		3,341121
KL4.1	0,2453	0,2035	0,512724		9,16	K15	3,993679
KL4.2	0,058	0,0234	0,058957		9,16	K16	4,180123
KL4.3	0,1115	0,0925	0,233056	0,375699	9,16		4,555822
KL4.4	0,223	0,185	0,466112		9,16		4,671431
L5	2,007	1,665	4,195011		9,16		5,184155

KL5.1	1,784	1,48	3,728899	0,157577	9,16	K9	5,341732
KL5.2	0,148	0,0182	0,045855		9,16	K10	5,417211
KL5.3	0,223	0,185	0,466112		9,16	K11	5,883323
L6	1,784	1,48	3,728899		9,16		5,585011
KL6.1	0,356	0,16	0,403124		9,16	K12	5,118899
KL6.2	0,0089	0,004	0,010078	0,375699	9,16	K13	5,494598
KL6.3	0,0089	0,004	0,010078		9,16	K14	5,585011

При живленні від джерела нескінченно великої потужності за прийнятою базисної потужності S_b або базисного струму знаходять діюче значення періодичної складової трифазного струму K_3 :

$$I_{Ki}^{(3)} = \frac{I_B}{\sum_1^n Z_{*Bi}}$$

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{I_{B1}}{Z_{*BK1}} = \frac{9,16}{1,39} = 6,59 \text{ кА.}$$

Решта струмів розраховують аналогічно. Дані зводимо в таблицю №3.

Потужність трифазного K_3 :

$$S_{Ki}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot I_{Ki}^{(3)} \cdot U_B$$

$$S_{K1}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 8 \cdot 37 = 512,7 \text{ МВА.}$$

Аналогічно розраховуємо потужність трифазного K_3 для інших точок і дані заносимо в таблицю 2.3.

Визначаємо максимальну миттєве значення ударного струму:

$$i_{yi} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{Ki}^{(3)}$$

де K_y – ударний коефіцієнт.

Для ланцюгів напругою понад 1000 В з переважанням індуктивного опору ударний коефіцієнт приймають $K_y=1,8$.

$$i_{y1} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1}^{(3)} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 6,59 = 16,79$$

Визначаємо діюче значення струму K_3 . У більшості випадків за базисну потужність приймають зручну для розрахунку цифру, велику сумарною настановної потужності приймачів.

$$I_{yi} = g \cdot I_{Ki}^{(3)}$$

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ		Арк.
							319
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\text{де } g = \sqrt{1 + 2 \cdot (K_y - 1)^2} = \sqrt{1 + 2 \cdot (1,8 - 1)^2} = 1,51.$$

$$I_{y1} = g \cdot I_{K1}^{(3)} = 1,51 \cdot 6,59 = 9,95$$

Аналогічно розраховуємо діючі значення струмів КЗ для інших точок і дані заносимо в таблицю 3.3

Визначаємо діюче значення періодичної складової двухфазного струму КЗ:

$$I_{Ki}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{Ki}^{(3)}$$

$$I_{K1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K1}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 6,59 = 5,707$$

Аналогічно розраховуємо періодичні складові двухфазного струмів КЗ для інших точок і дані заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 Періодичні складові двухфазного струмів КЗ

№ Точки	U_{Bi} кВ	$I_{Bi} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_B}$ кА	$\sum Z_{*Bi}$ о.б.е.	$I_{Ki}^{(3)} = \frac{I_{Bi}}{\sum Z_{*Bi}}$ кА	$S_{Ki}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot I_{Ki}^{(3)} \cdot U$ МВА	$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I$	$I_K^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_K^{(3)}$	$I_y = g \cdot I_K^{(3)}$
Точки К.З.	$U^*_{б}$ кВ	$I^*_{б}$	$Z^*_{бК}$	lk_3	S_{ki3}	i_y	lk_2	ly
K1	6,3	9,16	1,39	6,589928	71,90877	16,77522	5,707045	9,950573
K2	6,3	9,16	1,700406	5,38695	58,78197	13,71294	4,665235	8,134116
K3	6,3	9,16	3,50644	2,612336	28,50561	6,649923	2,26235	3,944542
K4	6,3	9,16	4,930942	1,857657	20,27061	4,728823	1,608778	2,805001
K5	6,3	9,16	5,67179	1,61501	17,62286	4,111145	1,39864	2,438612
K6	6,3	9,16	6,122968	1,496007	16,3243	3,808211	1,29558	2,25892
K7	6,3	9,16	3,993679	2,293625	25,02785	5,838615	1,986337	3,463297
K8	6,3	9,16	4,555822	2,010614	21,93966	5,118188	1,741243	3,035961
K9	6,3	9,16	5,341732	1,7148	18,71176	4,365167	1,48506	2,589291
K10	6,3	9,16	5,417211	1,690907	18,45104	4,304347	1,464368	2,553214
K11	6,3	9,16	5,883323	1,556943	16,98924	3,96333	1,348352	2,350933
K12	6,3	9,16	5,494598	1,667092	18,19117	4,243723	1,443744	2,517254
K13	6,3	9,16	5,96071	1,53673	16,76867	3,911875	1,330847	2,320411

K14	6,3	9,16	1,803202	5,079852	55,43093	12,93119	4,39928	7,670408
K15	6,3	9,16	1,803202	5,079852	55,43093	12,93119	4,39928	7,670408
K16	6,3	9,16	6,122968	1,496007	16,3243	3,808211	1,29558	2,25892
K17	6,3	9,16	3,993679	2,293625	25,02785	5,838615	1,986337	3,463297
K18	6,3	9,16	4,555822	2,010614	21,93966	5,118188	1,741243	3,035961

2.5.2. Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою

Для обчислення струмів КЗ також складається схема заміщення, в якій вказують опору всіх джерел і споживачів і намічають точки для розрахунку струмів КЗ.

Наближено опір системи може бути визначено через номінальну потужність відключення вимикача, встановленого на живильній лінії електропередачі з боку підстанції, по формулі:

$$X_C = \frac{U_B^2}{S_{НОМ.О}} \cdot 10^6$$

де X_C - опір системи, мОм;

U_B^2 - розрахункова напруга системи КЗ, кВ;

$S_{НОМ.О}$ - номінальна потужність відключення вимикача по струму КЗ, кВА.

$$X_C = \frac{U_B^2}{S_{НОМ.О}} \cdot 10^6 = \frac{0,4^2}{150000} \cdot 10^6 = 1,07 \text{ мОм.}$$

Опір обмоток трансформаторів в іменованих одиницях визначають за паспортними даними трансформаторів:

$$R_T = \frac{\Delta P_K \cdot U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2} \cdot 10^6$$

$$X_T = \frac{U_K \% \cdot U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}} \cdot 10^4$$

где ΔP_K - втрати в обмотці трансформатора, кВт;

$U_{НОМ}$ - номінальна входна напруга, кВ;

$S_{НОМ}$ - номінальна потужність, кВА;

$U_K \%$ - напруга К.З, %.

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ			Арк.
								20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

$$R_{\text{ПКТП1,5}} = \frac{\Delta P_K \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2} \cdot 10^6 = \frac{0,6 \cdot 0,4^2}{25^2} \cdot 10^6 = 153,6 \text{ МОм.}$$

$$X_{\text{ПКТП1,5}} = \frac{U_K \% \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}} \cdot 10^4 = \frac{4,5 \cdot 0,4^2}{25} \cdot 10^4 = 288 \text{ МОм.}$$

$$R_{\text{ПКТП1,2,3,4,7}} = \frac{\Delta P_K \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2} \cdot 10^6 = \frac{5,5 \cdot 0,4^2}{400^2} \cdot 10^6 = 5,5 \text{ МОм.}$$

$$X_{\text{ПКТП1,2,3,4,7}} = \frac{U_K \% \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}} \cdot 10^4 = \frac{4,5 \cdot 0,4^2}{400} \cdot 10^4 = 18 \text{ МОм.}$$

$$R_{\text{ПКТП6}} = \frac{\Delta P_K \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2} \cdot 10^6 = \frac{8,5 \cdot 0,4^2}{630^2} \cdot 10^6 = 3,42 \text{ МОм.}$$

$$X_{\text{ПКТП1}} = \frac{U_K \% \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}} \cdot 10^4 = \frac{5,5 \cdot 0,4^2}{630} \cdot 10^4 = 13,97 \text{ МОм.}$$

Для визначення струму КЗ опору всіх елементів системи потрібно привести до лінійному напрузі розрахункової ступені КЗ Уб за формулами:

$$\dot{R}_{\text{KLi}} = R_{\text{KLi}} \frac{U_{\text{Б}}^2}{U_{\text{НОМ}}^2}, \text{ МОм.}$$

$$\dot{X}_{\text{KLi}} = X_{\text{KLi}} \frac{U_{\text{Б}}^2}{U_{\text{НОМ}}^2}, \text{ МОм.}$$

де $R_{\text{KLi}}, X_{\text{KLi}}$ - опір елемента, розраховане для номінальної напруги.

$$\dot{R}_{\text{KL2}} = R_{\text{KL2}} \frac{U_{\text{Б}}^2}{U_{\text{НОМ}}^2} = 460 \frac{0,4^2}{6^2} = 2,0444 \text{ МОм.}$$

$$\dot{X}_{\text{KL2}} = X_{\text{KL2}} \frac{U_{\text{Б}}^2}{U_{\text{НОМ}}^2} = 370 \frac{0,4^2}{6^2} = 1,64444 \text{ МОм.}$$

Таблиця 2.6 Результати розрахунків опорів елементів лінії

Лінія	R, МОм	X, МОм	R*, МОм	X*, МОм
KL2,1	0,46	0,37	2,044444	1,644444
KL2,2	0,0385	0,019	0,171111	0,084444
KL4.1	0,0385	0,019	0,171111	0,084444
KL4.4	0,0385	0,019	0,171111	0,084444
KL5.1	0,46	0,37	2,044444	1,644444
KL5.2	0,0077	0,0038	0,034222	0,016889
KL6.2	0,0077	0,0038	0,034222	0,016889

$$X_{*Б.Л1} = \frac{X_0 \cdot L \cdot S_B}{U_B^2} = \frac{0,352 \cdot 4,8 \cdot 100}{6,3^2} = 4,26 \text{ о.б.е.}$$

$$X_{*Б.Л2} = \frac{X_0 \cdot L \cdot S_B}{U_B^2} = \frac{0,352 \cdot 5,25 \cdot 100}{6,3^2} = 4,7 \text{ о.б.е.}$$

Розрахунок базисних опорів ліній аналогічний розрахунку базисного опору для лінії L5 и L6.

Таблиця 2.7 Результати розрахунків опорів базисних опорів ліній

Лінія	R	X	X*б, о.б.е.
L1	0,864	1,1264	2,837994
KL1.1	0,0945	0,1232	0,310406
KL1.2	0,3645	0,4752	1,197279
KL1.3	0,1115	0,0925	0,233056
KL1.4	0,148	0,0182	0,418745
L2	0,27	0,352	1,567145
KL2.1	0,223	0,185	0,466112
KL2.2	0,135	0,176	0,443437
L3	0,5946	0,7744	1,951121
L11a	0,3122	0,259	0,652557
L13a	0,0892	0,074	0,186445
KL14a	0,148	0,0182	0,045855
L4	0,4054	0,528	1,33031
KL4.1	0,2453	0,2035	0,512724
KL4.2	0,058	0,0234	0,058957
KL4.3	0,1115	0,0925	0,233056
KL4.4	0,223	0,185	0,466112
L5	2,007	1,665	4,195011
KL5.1	1,784	1,48	3,728899
KL5.2	0,148	0,0182	0,045855
KL5.3	0,223	0,185	0,466112
L6	1,784	1,48	3,728899
KL6.1	0,356	0,16	0,403124
KL6.2	0,0089	0,004	0,010078
KL6.3	0,0089	0,004	0,010078

При розрахунку кабельних ліній враховуємо як реактивну так і активну складові базисного опору:

$$Z_{*Б, KL1} = \sqrt{X_{*Б, KL1}^2 + R_{*Б, KL1}^2} = \sqrt{0,418745^2 + 0,3729^2} = 0,3757 \text{ о.б.е.}$$

$$X_{*Б, KL2.2} = \frac{X_0 \cdot L \cdot S_B}{U_B^2} = \frac{0,0182 \cdot 100}{6,3^2} = 0,418745 \text{ о.б.е}$$

$$R_{*Б, KL2.2} = \frac{R_0 \cdot L \cdot S_B}{U_B^2} = \frac{0,148 \cdot 100}{6,3^2} = 0,3729 \text{ о.б.е.}$$

Розрахунок інших базисних опорів кабельних ліній аналогічний розрахунку кабельної лінії KL1,2:

Таблиця 2.8 Результати розрахунків опорів базисних опорів ліній

Лінія	R	X	X*б	Z*б, о.б.е.
KL2,1	0,148	0,0182	0,418745	0,375699
KL2,2	0,058	0,0234	0,058957	0,157577
KL4.1	0,148	0,0182	0,045855	0,375699
KL4.4	0,058	0,0234	0,058957	0,157577
KL5.1	0,148	0,0182	0,045855	0,375699
KL5.2	0,148	0,0182	0,045855	0,375699
KL6.2	0,148	0,0182	0,418745	0,375699

Величина найбільшого значення періодичної складової КЗ при трифазному КЗ визначають за формулою:

$$I_K^{(3)} = \frac{U_B}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}}, \text{ кА.}$$

де U_B - лінійна напруга ступеня КЗ, В;

$\sum R, \sum X$ - сума активних і індуктивних опорів ланцюга, включаючи трансформатор, до точки КЗ, мОм.

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_B}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(153,6 + 2,04444)^2 + (288 + 1,64444 + 1,07)^2}} = 0,70033 \text{ кА.}$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_B}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(5,5 + 0,171111)^2 + (1,07 + 18 + 0,084444)^2}} = 11,5607 \text{ кА.}$$

$$I_{K3}^{(3)} = I_{K2}^{(3)} = I_{K4}^{(3)} = 11,5607 \text{ кА}$$

$$I_{K6}^{(3)} = \frac{U_B}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(3,42 + 0,4222)^2 + (1,07 + 13,97 + 0,01689)^2}} = 14,95 \text{ кА.}$$

$$I_{K7}^{(3)} = \frac{U_B}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(5,5 + 0,03422)^2 + (1,07 + 18 + 0,01689)^2}} = 11,6208 \text{ кА.}$$

$$I_{K1}^{(3)} = I_{K5}^{(3)} = 0,70033 \text{ кА}$$

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Повний значення ударного струму в установках напругою до 1000 В визначають з урахуванням асинхронних двигунів потужністю понад 100 кВт, підключених в безпосередній близькості від точки КЗ.

$$\text{Величина ударного струму: } i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_K + 6,5 \sum I_H, \text{ кА.}$$

де K_y - ударний коефіцієнт, вибирається по кривій в довідковій літературі,

$K_y = 1,3$; $\sum I_H$ - сума номінальних струмів асинхронних двигунів.

$$i_1 = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1} = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,70033 = 1,287546 \text{ кА.}$$

$$i_2 = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K2} + 6,5 \sum I_H = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot 11,5607 + 6,5 \cdot 0,355 = 23,56155 \text{ кА.}$$

$$i_3 = i_2 = i_4 = 23,56155 \text{ кА.}$$

$$i_5 = i_1 = 1,287546 \text{ кА.}$$

$$i_6 = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K6} + 6,5 \sum I_H = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot 14,95 + 6,5 \cdot 0,71 = 32,1 \text{ кА.}$$

$$i_7 = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K6} + 6,5 \sum I_H = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot 11,6208 + 6,5 \cdot 0,355 = 23,672 \text{ кА.}$$

Діюче значення повного струму КЗ визначають за формулою:

$$I_y = g \cdot I_K^{(3)}, \text{ кА.}$$

$$\text{де } g = \sqrt{1 + 2 \cdot (K_y - 1)^2} = \sqrt{1 + 2 \cdot (1,3 - 1)^2} = 1,09.$$

$$I_{y1} = g \cdot I_{K1}^{(3)} = 1,09 \cdot 0,70033 = 0,760756 \text{ кА.}$$

Аналогічно розраховуємо інші струми і результати зводимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 Результати розрахунків струмів КЗ

№ Точки	U_C Р В	X_C , МОм.	$I_K^{(3)} = \frac{U_{CP}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}}$, кА.					$I_y = g \cdot I_K^{(3)}$, кА.		$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_K + 6,5 \sum I_H$, кА.		
ТОЧКИ	U_{CP}	X_C	R	X	R*	X*	Rt*	Xt*	I_{K3}	I_y	i_y	I_H
K1	400	1,07	0,46	0,37	2,044444	1,644444	153,6	288	0,700333	0,760756	1,287546	0
K2	400	1,07	0,0385	0,019	0,171111	0,084444	5,5	18	11,56068	12,55811	23,56155	0,355
K3	400	1,07	0,0385	0,019	0,171111	0,084444	5,5	18	11,56068	12,55811	23,56155	0,355
K4	400	1,07	0,0385	0,019	0,171111	0,084444	5,5	18	11,56068	12,55811	23,56155	0,355
K5	400	1,07	0,46	0,37	2,044444	1,644444	153,6	288	0,700333	0,760756	1,287546	0
K6	400	1,07	0,0077	0,0038	0,034222	0,016889	3,42	13,97	14,94949	16,2393	32,0993	0,71
K7	400	1,07	0,0077	0,0038	0,034222	0,016889	5,5	18	11,62079	12,6234	23,67205	0,355

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					25

2.5.3. Перевірка жил кабелів по термічній стійкості струмів КЗ.

Струмопровідні частини, в тому числі і кабелі, при коротких замиканнях можуть нагріватися до температури значно більшою, ніж при номінальному режимі. Для цього щоб струмопровідні частини були стійкі до струмів КЗ, величина розрахункової температури повинна бути нижче температури, допустимої для даного матеріалу.

Перевіримо на термічну стійкість до струмів КЗ кабель КЛ6 живить 2СБШ-200 перерізом $S=120 \text{ мм}^2$.

Дійсний час протікання КЗ дорівнює сумі часу дії захисту t_3 власного часу відключення апаратури t_B :

$$t = t_3 + t_B.$$

$t_3 = 0,05 \text{ с}$ - час дії захисту.

$t_B = 0,1 \text{ с}$ - час відключення апаратури.

Мінімально допустимий переріз провідника за умовами максимально допустимого короткочасного перегріву його струмом КЗ визначається за формулою:

$$S_{\min} = \frac{I_{\infty}}{C} \cdot \sqrt{t},$$

де C – коефіцієнт, який при максимально допустимих температурах дорівнює для мідних кабелів – 165.

I_{∞} - сталий струм КЗ, А. $I_{\infty} = I_{K2} = 12558 \text{ А}$.

$$S_{\min} = \frac{I_{\infty}}{C} \cdot \sqrt{t} = \frac{12558}{165} \cdot \sqrt{0,15} = 29,5 \text{ мм}^2. \quad 120 > 29,5.$$

Кабель проходить по термічній стійкості струмів КЗ.

2.6.1. Вибір апаратури управління і захисту.

Вибір роз'єднувачів на ВН ДПП SQ1, SQ2. До встановлення приймаємо роз'єднувач зовнішньої установки двухколонковий з заземлюючими ножами РНД 35/1000

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
 I_H &\geq I_P & U_{НОМ} &= 35\text{кВ} \\
 1000 &\geq 41 & I_{НОМ} &= 1000\text{А} \\
 i_{ДУ} &\geq i_Y & i_Y &= 63\text{кА} \\
 63 &\geq 20,36 & \frac{I_T}{t_T} &= 25 \frac{\text{кА}}{\text{с}} \\
 \frac{I_T}{t_T} &\geq I_R^{(3)} \sqrt{\frac{t_{П}}{t_{НТС}}} & & \\
 25 &\geq 8 \cdot \sqrt{\frac{0,25}{4}} = 2 & &
 \end{aligned}$$

Вимикач.

Вимикач с-35М- 630/10

$$\begin{aligned}
 U_{НОМ} &= 35\text{кВ} \\
 I_{НОМ} &= 630\text{А} \\
 I_Y &= 26\text{кА} \geq I_Y = 12,08 \\
 I_t &= 10 \frac{\text{кА}}{\text{с}} \geq I_K^{(3)} \sqrt{\frac{t_{П}}{t}} = 8 \sqrt{\frac{0,25}{4}} = 2\text{кА} \\
 I_{ОТКЛ} &= 10\text{кА} \geq I_{ОТКЛР} = 8
 \end{aligned}$$

Трансформатори струму ТВ – 35 – II – 150/5

Трансформатори струму вбудовані в вимикач, перевірки не підлягають.

$$\begin{aligned}
 U &= 35\text{кВ} \\
 I_{НОМ} &= (50,75,100,150)\text{кА}
 \end{aligned}$$

Вибір вимикачів комутаційних шаф КРУ, РУ 6 кВ. Для установки приймаємо вимикачі ВМП – 10К – 600/350.

$$\begin{aligned}
 U_{НОМ} &= 10\text{кВ} \geq U_{НОМ} = 6\text{кВ} \\
 I_{НОМ} &= 600\text{А} \geq 238,8\text{А} \\
 I_{\frac{t}{t_c}} &= \frac{20 \text{ кА}}{5 \text{ с}} \geq I_K^{(3)} \sqrt{\frac{t_{П}}{t}} = \sqrt{\frac{0,25}{4}} = 3,25 \cdot 0,25 = 0,81\text{к}, \\
 I_{ОТКЛ} &= 19,3\text{кВ} \geq I_{ОТКЛР} = 3,25\text{к}, \\
 I_{ЭФ} &= 30\text{кВ} \geq I_Y = 4,91\text{к},
 \end{aligned}$$

Таблиця 2.10 - Вибір та перевірка вимикачів на стороні 110 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{М.НОМ} \leq U_{НОМ}$	$U_{М.НОМ} = 110 \text{ кВ}$	$U_{НОМ} = 110 \text{ кВ}$
$I_{РОБ.л/a} \leq I_{НОМ}$	$I_{НОМ} = 248,8\text{А}$	$I_{НОМ} = 1000 \text{ А}$
$I'' \leq I_{ВДКЛ.Н}$	$I_{ВДКЛ.Н} = 3,25\text{кА}$	$I_{ВДКЛ.Н} = 20 \text{ кА}$
$i_Y \leq i_{ДИН.С}$	$i_{ДИН.С} = 4,91\text{кА}$	$i_{ДИН.С} = 52 \text{ кА}$
$I''^2 \cdot t_{ВДКЛ} \leq I_{Т.С}^2 \cdot t_{ДОП}$	$I''^2 \cdot t_{ВДКЛ} = 7,49^2 \cdot 2 = 112,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{Т.С}^2 \cdot t_{ДОП} = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

2.6.2 Вибір роз'єднувачів 110 кВ

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Для установки на стороні 110 кВ беремо роз'єднувачі типу РНДЗ – 1 – 110/630 У1 (зовнішньої установки, з заземлюючими ножами), перевірка вибраних роз'єднувачів представлена в табл.2.11.

Таблиця 2.11 — Вибір та перевірка роз'єднувачів на стороні 110 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{М.НОМ} \leq U_{НОМ}$	$U_{М.НОМ} = 110$ кВ	$U_{НОМ} = 110$ кВ
$I_{РОБ.н/а} \leq I_{НОМ}$	$I_{РОБ.н/а} = 63$ А	$I_{НОМ} = 630$ А
$i_y \leq i_{ДИН.С}$	$i_y = 25$ кА	$i_{ДИН.С} = 80$ кА
$I''^2 \cdot t_{ВДКЛ} \leq I_{Т.С}^2 \cdot t_{ДОП}$	$I''^2 \cdot t_{ВДКЛ} = 7,49^2 \cdot 2 = 112,2$ кА ² ·с	$I_{Т.С}^2 \cdot t_{ДОП} = 31,5^2 \cdot 4 = 3969$ кА ² ·с

2.6.3 Вибір вимикачів 10 кВ

Вибір вимикачів на вводі ЗРПр 10 кВ

Розрахунковий струм на вводі ЗРПр 10 кВ визначаємо за формулою, А:

$$I_p = \frac{S_m}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n},$$

$$I_p = \frac{7935,7}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 229,08.$$

На вводі ЗРПр 10 кВ встановлюємо вимикачі типу ВПМ-10-20/630УЗ (внутрішньої установки, маломасляний), перевірка вибраних вимикачів представлена в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 — Вибір та перевірка вимикачів на вводі ЗРПр 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{М.НОМ} \leq U_{НОМ}$	$U_{М.НОМ} = 10$ кВ	$U_{НОМ} = 10$ кВ
$I_{РОБ.н/а} \leq I_{НОМ}$	$I_{РОБ.н/а} = 229,08$ А	$I_{НОМ} = 630$ А
$I'' \leq I_{ВДКЛ.Н}$	$I'' = 4,91$ кА	$I_{ВДКЛ.Н} = 20$ кА
$i_y \leq i_{ДИН.С}$	$i_y = 12,5$	$i_{ДИН.С} = 52$ кА
$I''^2 \cdot t_{ВДКЛ} \leq I_{Т.С}^2 \cdot t_{ДОП}$	$I''^2 \cdot t_{ВДКЛ} = 4,91^2 \cdot 2 = 48,2$ кА ² ·с	$I_{Т.С}^2 \cdot t_{ДОП} = 20^2 \cdot 4 = 1600$ кА ² ·с

На лініях, які відходять від ЗРПр 10 кВ до ТП встановлюємо вимикачі типу ВПМ-10-20/630УЗ (внутрішньої установки, маломасляний), перевірка вибраних вимикачів представлена в табл. 2.13

Таблиця 2.13 — Вибір та перевірка вимикачів на лініях, які відходять від ЗРПр 10 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{M.HOM} \leq U_{HOM}$	$U_{M.HOM} = 10 \text{ кВ}$	$U_{HOM} = 10 \text{ кВ}$
$I_{POB.n/a} \leq I_{HOM}$	$I_{POB.n/a} = 27.27 \text{ А}$	$I_{HOM} = 630 \text{ А}$
$I'' \leq I_{ВДКЛ.H}$	$I'' = 5.39 \text{ кА}$	$I_{ВДКЛ.H} = 20 \text{ кА}$
$i_y \leq i_{ДИН.C}$	$i_y = 23.16 \text{ кА}$	$i_{ДИН.C} = 52 \text{ кА}$
$I''^2 \cdot t_{ВДКЛ} \leq I_{T.C}^2 \cdot t_{ДОП}$	$I''^2 \cdot t_{ВДКЛ} \geq 5.39^2 \cdot 2 = 58.104 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{T.C}^2 \cdot t_{ДОП} = 20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

2.6.4 Вибір трансформаторів струму

Для установки на стороні 110 кВ беремо трансформатори струму типу ТФЗМ 110Б–І (трансформатор струму з фарфоровою ізоляцією, маслonaповнений), перевірка вибраних трансформаторів струму представлена в табл. 2.14

Таблиця 2.14 - Вибір та перевірка трансформаторів струму на стороні 110 кВ

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{M.HOM} \leq U_{HOM}$	$U_{M.HOM} = 110 \text{ кВ}$	$U_{HOM} = 110 \text{ кВ}$
$I_{POB.n/a} \leq I_{HOM}$	$I_{POB.n/a} = 27.27 \text{ А}$	$I_{HOM} = 1500 \text{ А}$
$i_y \leq i_{ДИН.C}$	$i_y = 23.16 \text{ кА}$	$i_{ДИН.C} = 158 \text{ кА}$
$I''^2 \cdot t_{ВДКЛ} \leq I_{T.C}^2 \cdot t_{ДОП}$	$I''^2 \cdot t_{ВДКЛ} = 5.39^2 \cdot 2 = 58.104 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{T.C}^2 \cdot t_{ДОП} = 68^2 \cdot 3 = 13872 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Номинальний опір вторинної обмотки трансформатора струму

$z_H = 0,8 \text{ Ом}$ при класі точності 0,5.

2.6.5. Вибір релейного захисту та автоматики.

Захист повітряних ліній. Для захисту від багатofазних КЗ застосовується максимальний струмовий захист (МТЗ). Як МТЗ використовуємо струмові реле РТ-40 і індукційні типу РТ-80. Розраховуємо струм спрацьовування захисту на

$$\text{лінії L1: } I_{C.3} = \frac{K_H \cdot K_{CX} \cdot K_{C3} \cdot I_P}{K_B} = \frac{1,2 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 286}{0,83} = 1654 \text{ А}$$

де $K_H = 1,1 - 1,2$ коефіцієнт надійності;

$K_{CX} = 1$ для з'єднання трансформаторів струму зірка зірка;

$K_B = 0,8 - 0,85$ для реле РТ-40, РТ-80

$K_{C3} = 3 - 4$ коефіцієнт самозапуску і чутливості МТЗ за умовою:

$$\frac{I_{K.min}^{(2)}}{I_{C3}} \geq K_{\text{ч}} \quad \frac{3808}{1654} = 2.3 \geq 1,5$$

$K_{\text{ч}} = 1,5$ в основній зоні.

Таблиця 2.15

Струми спрацьовування захисту

№ Лінії	I_P , А	K_B	K_H	K_{CX}	K_{TP}	K_{C3}	$I_{K.min}^{(2)}$	$I_{C3} \cdot \frac{K_H K_{CX} K_{C3} I_P}{K_B}$	$\frac{I_{K.min}}{I_{C3}} \geq 1,5$	$I_{CP} = \frac{I_{C3}}{K_{TP}}$
L1	268	0,83	1,2	1	60	4	3808	1654	2,3	27,56
L2	286	0,83	1,2	1	60	4	3963	1654	2,4	27,56
L3	130, 4	0,84	1,2	1	60	4	3912	745	5,2	12,42
L4	87	0,83	1,2	1	60	4	12930	503	25,7	8,4
L5	268	0,83	1,2	1	60	4	3808	1654	2,3	27,56
L6	286	0,83	1,2	1	60	4	3963	1654	2,4	27,56

Струм спрацювання реле:

$$I_{CP} = \frac{I_{C3}}{K_{TP}} = \frac{1654}{60} = 27,56 \text{ А}$$

Вибираємо уставки реле РТ 40/30 для захисту лінії L1:

$I_y = 28 \text{ А}$ схема з'єднання обмоток - паралельна.

Аналогічно вибираємо уставки для інших реле і дані розрахунку зводимо в таблицю 2.16

Таблиця 2.16

Уставки реле

Назва лінії	L1	L1a	L1b	L1c
Тип реле	РТ 40/30	РТ 40/30	РТ 40/50	РТ 40/50
Схема вкл. обмоток	Паралельна	Паралельна	Послідовна	Послідовна
I_y , А	28	28	12,5	12,5
$I_{НОМ}$, А	25	25	25	25
$S_{НОМ}$, ВА	0,5	0,5	0,5	0,5

Релейний захист трансформатора 35/6

У повну релейний захист трансформатора входять:

- струмовий відсічення;
- газовий захист;
- МТЗ з боку Н.М.

Струмовий відсічення відбудовується від максимального струму КЗ за трансформатором.

$$I_{CP} = \frac{K_H \cdot I_{K.max}}{K_{TA}} = \frac{1,25 \cdot 1130,37}{15} = 94,2 \text{ A}$$

де: $I_{K.max} = \frac{I_K^{(3)}}{K_{TV}} = \frac{6590}{5,83} = 1130,37 \text{ A.}$

$$K_{TV} = \frac{35}{6} = 5,83$$

Приймаємо реле РТ 40/200

Тип реле	РТ 40/200
Схема вкл. обмоток	Паралельна
$I_y, \text{ A}$	100
$I_{ном}, \text{ A}$	25
$S_{ном}, \text{ BA}$	0,8

МТЗ відбудовується від максимальних струмів навантаження.

Визначаємо струми спрацьовування:

$$I_{CP} = \frac{K_{CX} \cdot K_H \cdot K_{C3} \cdot I_{K.max}}{K_{TA} \cdot K_B} = \frac{1 \cdot 1,1 \cdot 4 \cdot 268}{0,83 \cdot 60} = 23,7 \text{ A}$$

Для МТЗ приймаємо реле РТ 40/50

Тип реле	РТ 40/50
Схема вкл. обмоток	Паралельна
$I_y, \text{ A}$	25
$I_{ном}, \text{ A}$	25
$S_{ном}, \text{ BA}$	0,8

Час спрацювання всіх обраних реле:

$$t_{CP} \leq 0,1 \text{ c для токов } I_p \leq 1,2 \cdot I_y$$

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$t_{CP} \leq 0,03 \text{ с для струмів } I_p \geq 3 \cdot I_y$$

2.7.Розрахунок заземлення та техніко-економічних показників

1.Опір захисного заземлення, Ом:

$$R_z = \frac{U_{розр}}{I_{p.з}}$$

де $U_{розр}=125 \text{ В}$, якщо заземлення одночасно використовується для електроустановок напругою до та вище 1000 В ; $U_{розр} = 250 \text{ В}$ при заземленні електроустаткування лише напругою $6-35\text{kV}$

$$R_z = \frac{125}{3655} = 0,0342$$

2.Розрахунковий струм замикання на землю, А:

$$I_{p.з} = \frac{U_n \cdot (35l_k + l_b)}{350}$$

де $l_k=3750\text{км}$, l_b – загальна довжина електрично зв'язаних між собою кабельних і повітряних ліній, км; $l_k = \text{км}$, $l_b=0\text{км}$.

$$I_{p.з} = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot (35 \cdot 3750 + 0)}{350} = 3750$$

3.Опір центрального заземлюючого контуру, Ом:

$$R_{з.к} = R_z - r_{np} - r_{з.к}$$

де r_{np} – опір магістрального заземлюючого проводу, (не більше ніж 2 Ом); $r_{з.к}$ – опір заземлюючої жили гнучкого кабелю, (не більше ніж $0,5 \text{ Ом}$); $r_{з.к}=1_{з.к}/(\gamma S)$ (визначаються максимальні значення).

$$R_{з.к} = 5 - 2 - 0,1 = 2,9$$

4.Опір розтіканню струму поодинокого заземлювача, Ом:

$$R_{mp} = \frac{\rho}{2\pi d} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right)$$

де ρ - питомий опір ґрунту, $\rho = k \rho'$, k - поправочний коефіцієнт на кліматичну зону; ρ' - табличне значення питомого опору ґрунтів, Ом/см l - довжина труби ($2-3\text{м}$), см ; d - діаметр труби, см ; t - відстань від поверхні землі до середини заземлювача, см ; $t = h+0.5l=1,5$; h - відстань від поверхні землі до верхньої кромки заземлювача ($50...60\text{см}$).

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{mp} = \frac{190}{4\pi} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,1} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,5 + 2}{4 \cdot 1,5 - 2} \right) = 61,02$$

5. Необхідне число трубчастих заземлювачів, шт:

$$n = \frac{R_{mp}}{R_{з.к} \cdot \eta_e}$$

де η_e – коефіцієнт екранування, що враховує взаємний вплив електродів, $\eta_e=0,8-0,9$.

$$n = \frac{61,02}{2,9 \cdot 0,8} = 27$$

6. Загальний опір заземлюючого контуру, Ом:

$$R = \frac{1}{\frac{n \eta_e}{R_{mp}}} = \frac{1}{\frac{27 \cdot 0,8}{61,02}} = 2,825$$

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Статичний опір конве'єра.

При роботі особливо в період пуску поточно-транспортної системи (ПСТ), навантаження на конвеєр не залишається постійним. Характерний графік зміни моменту статичного опору наведений на рис. 3.1

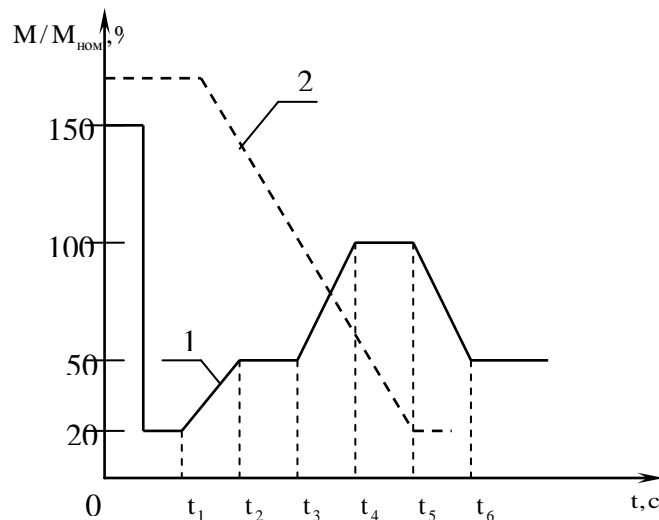


Рисунок 3.1- Графіки моменту статичного опору конвеєра, де 1 - при нормальному технологічному процесі; 2 - при ліквідації завалу

По часу дії: 0- t_1 – пуск вхолосту; t_2 - t_3 – опір поступово зростає
 t_4 - t_5 – момент опору номінальний (100%); t_2 - t_3 – навантаження 50%

При цьому електропривод повинен забезпечити:

- підвищений момент при пуску;
- обмеження пускового моменту в початковий період пуску викликається необхідністю привести механічну частину в натягнутий стан, ліквідувавши зазори в зубчастих передачах, слабіну стрічки і таке ін., і поступове наростання моменту в міру розгону, для запобігання пробуксовки й зношування стрічки;
- діапазон регулювання швидкості не вище 2:1;
- погоджене обертання декількох електроприводів з метою

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Сторожук М.П			Спеціальна частина		Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Прядко С.Л							46	738
Реценз.							ІЕЕ каф.АУЕК			
Н. Контр.										
Затверд.		Прядко С.Л								

- перерозподілу навантаження між окремими електроприводами й забезпечення рівномірності напруги стрічки по його довжині. Це відноситься як до роботи на сталій швидкості руху стрічки, так і до процесу пуску конвеєра;

- система керування конвеєра повинна враховувати пружні деформації тягового органа (стрічки) і припустимих прискорень, які можуть виникнути в процесах через великої довжини стрічки, що вимагає обмеження прискорень величиною $0,2 - 0,3 \text{ м/с}^2$;

- знижену заправно-ремонтну швидкість;

- рівень надійності за рахунок переходу при необхідності в нерегульований режим (шляхом замикання накоротко виводів обмотки ротора).

Режим роботи конвеєра характеризується:

- тривалою роботою протягом значного проміжку часу, тому що завантаження, транспортування й розвантаження здійснюються безупинно, без зупинок. Ця обставина має істотне значення при виборі електродвигуна й інших елементів електропривода;

- рідкими пусками та зупинками, що обумовлюється тривалим режимом роботи конвеєра. Тому тривалість пуску й гальмування не впливають на продуктивність конвеєра. Отже, період пуску можна збільшувати за часом, щоб знизити динамічні навантаження в стрічці або в ланцюзі конвеєра й тим самим збільшити термін служби;

- нерівномірністю навантаження. Завантаження конвеєрів залежить не тільки від нерівномірності вантажопотоків від робочих механізмів, але й від місця надходження вантажопотоку на них. У зв'язку із цим конвеєр, обраний по максимальної прийомної здатності, виявляється в процесі експлуатації в значній мірі незавантаженим.

Застосування в якості електропривода конвеєра асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором з підвищеним пусковим моментом може привести до створення підвищених динамічних зусиль у тяговому органі в період пуску завантаженого конвеєра. Тому в приводах з асинхронними короткозамкненими двигунами для забезпечення плавності пуску стрічкового конвеєра між електродвигуном і барабаном встановлюється гідравлічна або

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електромагнітна муфта. У випадку ж застосування регульованого електропривода проміжна ланка може бути відсутньою. Типи основних регульованих електроприводів з короткою їх характеристикою, які можуть бути використані в електроприводі конвеєра представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Типи основних електроприводів

	Тип електропривода								
	ВП (ТП-Д)	Частотно-регульований електропривод (ПЧ-АД)			ВД	АВК	МДП	Фазне управління (ТРН-АД)	Привод з електромагнітними муфтами
1. Тип електродвигуна	ДПТ	АД з коротко замкнутим ротором			СД	АД з фазним ротором		АД з коротко замкнутим ротором	АД з коротко замкнутим ротором
2. Щітки, колектор або контактні кільця	+	-			-(+)	+		-	-
3. Управління з сторони	якоря	статора			статора	статора		статора	-
4. Регулюючий параметр	напруга	частота і напруга			напруга	напруга		напруга	напруга збудження ел. магн. муфти
5. Структура перетворювача	УВ	УВ-ИН	УВ-ИТ	ШИМ	УВ-ИТ	НПЧ	В-И	НПЧ	
6. Режими роботи:									
двигуна	+	+	+	+	+	+	+	+	+
гальмівний	+	+	-	+	+	+	-	-	-
чотири квадранти	+	+	-	+	+	+	-	-	-
чотири пуски	+	+	+	+	+	+	-	-	-
чотири реверси	+	-	-	-	+	+	-	-	-
7. Можливий діапазон робочих частот	Зі збільшення м частоти зменшується гранична потужність	Верхня межа обмежена механічною міцністю машини			Верхня межа обмежена механічною міцністю машини. Стійка робота при низьких швидкостях		0-50 Гц	30-70 Гц	40-50 Гц

У міру зниження продуктивності ефективність роботи конвеєра зменшується, тому що зростає відносна частка потужності, яка витрачається на подолання холостого ходу. Залежність потужності на валу електропривода від продуктивності конвеєра наведено на рис.3.2 Де:

P^* – потужність конвеєра

F_T^* – тягове зусилля

M_{xx}, M_n – моменти холостого і номінального ходу

Більше економічним є режим роботи зі змінною швидкістю, що забезпечує ту ж продуктивність, але при сталості тягового зусилля $F_T^* = \text{const}$

У загальному випадку: $P_{\Delta}^* = M^* (1 - Q^*)$,

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ				Арк.
									4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

де M^* – момент на валу двигуна;

P_{Δ}^* – економія потужності;

Q^* – продуктивність конвеєра.

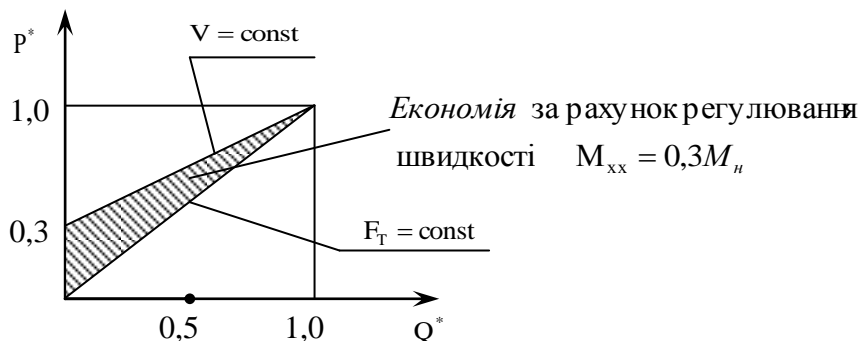


Рисунок 3.2 Залежність потужності на валу електропривода від продуктивності конвеєра

3.2 Методика вибору перетворювача частоти

При виборі моделі перетворювача частоти варто враховувати конкретне завдання, що повинен вирішувати електропривод:

- типу й потужності підключаємоелектроприводу;
- точності й діапазону регулювання швидкості;
- точності підтримки моменту обертання на валу двигуна.

Так само, можна враховувати конструктивні особливості перетворювача, такі як:

- розміри;
- форма;
- можливість виносу пульта керування й ін.

При роботі зі стандартним асинхронним двигуном перетворювач варто вибирати з відповідною потужністю. Якщо потрібно великий пусковий момент або короткий час розгону/сповільнення, вибирайте перетворювач на ступінь вище стандартного.

При виборі перетворювача для роботи зі спеціальними двигунами варто керуватися, насамперед, номінальним струмом перетворювача, що повинен бути більше номінального струму двигуна, а також особливостями настройки

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

параметрів перетворювача. У цьому випадку, бажано проконсультуватися з фахівцями постачальника.

Для збільшення точності підтримки моменту й швидкості на валу двигуна в найбільш досконалих перетворювачах (VFD-V/B/M) реалізоване векторне керування, що дозволяє працювати з повним моментом двигуна в області нульових частот, підтримувати швидкість при змінному навантаженні без датчиків зворотного зв'язку, точно контролювати момент на валу двигуна.

3.3 Розрахунок схеми електропривода по системі ПЧ-АД

Параметри двигуна:

$$U_{1\phi} = \frac{U_{1H}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,4 \text{ В}$$

$$I_{1H} = \frac{P_H}{3 * U_{1\phi} * \cos\varphi * \eta} = \frac{75000}{3 * 219,4 * 0,89 * 0,92} = 139,17 \text{ А}$$

$$R'_2 = \frac{1}{3} \frac{(P_H + \Pi_{\text{мех}})}{I_H^2 \frac{1-s_H}{s_H}} = \frac{1}{3} \frac{(75000 + 2250)}{140^2 * \frac{1-0,01}{0,01}} = 0,01327 \text{ Ом}$$

$$\Pi_{\text{мех}} = 0,03 * P_H = 2250 \text{ Вт}$$

$$R_1 = \frac{U \cos\varphi (1 - \eta)}{I_H} - C^2 R'_2 - \frac{\Pi_{\text{мех}}}{3 I_H^2}$$

$$R_1 = \frac{380 * 0,89 (1 - 0,92)}{140} - 1,03^2 * 0,01327 - \frac{2250}{3 * 140^2} = 0,1409 \text{ Ом}$$

$$L'_2 = \frac{U}{4\pi f_1 (1 + C^2) K_I I_H} = \frac{380}{4 * 3,14 * 50 * (1 + 1,03^2) * 7 * 140} = 0,0003 \text{ Гн}$$

$$L_1 = \frac{U}{4\pi f_1 I_H \sqrt{1 - (\cos\varphi)^2} - \frac{2}{3} * \frac{2\pi f_1 M_{\text{max}}}{pU} * \frac{s_H}{s_K}}$$

$$s_K = s_H (m_{\text{max}} + \sqrt{m_{\text{max}}^2 - 1}) = 0,01 (2,5 + \sqrt{2,5^2 - 1}) = 0,0479$$

$$L_1 = \frac{380}{4 * 3,14 * 50 * 140 \sqrt{1 - 0,89^2} - \frac{2}{3} * \frac{2 * 3,14 * 50 * 1040}{2 * 380} * \frac{0,01}{0,0479}} = 0,019 \text{ Гн}$$

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Момент інерції:

$$J = J_{dv} + J'_{mex} = 1,6998 + 29,3 = 31 \text{ кг/м}^2$$

Розрахуємо максимальний момент двигуна:

$$M_{\max} = M_H \cdot \lambda = 476 \cdot 2,5 = 1190 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$K_m = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{M_H}{I_H} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{476}{140} = 2,7772$$

Струм відсічки від'ємного зворотнього зв'язку по струму:

$$I_{\max} = \frac{M_{\max}}{K_m} = \frac{1190}{2,7772} = 429 \text{ А}$$

Коефіцієнт зворотнього зв'язку по струму:

$$U_{OT\max} = 10 \text{ В}$$

$$K_t = \frac{U_{OT\max}}{I_{\max}} = \frac{10}{429} = 0,0233$$

Еквівалентні опори двигуна:

$$R_e = 2(R_1 + R'_2) + \frac{3}{\pi} \cdot (X_1 + X'_2)$$

$$L_1 = \frac{X_1}{2\pi f_1}; \quad X_1 = 2L_1\pi f_1 = 2 \cdot 0,019 \cdot 3,14 \cdot 50 = 5,966 \text{ Ом}$$

$$X'_2 = 2L'_2\pi f_1 = 2 \cdot 0,0003 \cdot 3,14 \cdot 50 = 0,0942 \text{ Ом}$$

$$L_e = 2(L_1 + L'_2) = 2 \cdot (0,019 + 0,0003) = 0,0386 \text{ Гн}$$

$$R_e = 2(0,1409 + 0,01327) + \frac{3}{\pi} \cdot (5,966 + 0,0942) = 6,0954 \text{ Ом}$$

Постійна часу двигуна:

$$T_e = \frac{L_e}{R_e} = \frac{0,0386}{6,0954} = 0,0063 \text{ с}$$

Постійна часу напіпровідникового перетворювача:

$$T_m = 0,01 \text{ с}$$

Коефіцієнт передачі напіпровідникового перетворювача:

$$U_{d\max} = U_{1H} = 380 \text{ В}; \quad U_{y\max} = 10 \text{ В}$$

$$K_{tp} = \frac{U_{d\max}}{U_{y\max}} = \frac{380}{10} = 38$$

3.4 Розрахунок ПІ- регулятора струму:

$$a_c = 2; \quad a_t = 2; \quad b_c = 2;$$

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{pm} = \frac{T_1 p + 1}{T_2 p} = K_n + K_u \frac{1}{p}; \quad T_1 = T_e = 0,0063 \text{ с}$$

$$T_2 = a_t T_m K_{tp} \frac{K_t}{R_e} = 2 * 0,0063 * 38 * \frac{0,0233}{6,0954} = 0,0018 \text{ с}$$

Розрахунок II- регулятора швидкості:

$$U_{OCmax} = 10 \text{ В}$$

$$K_c = \frac{U_{OCmax}}{\omega_{max}} = \frac{10}{157,5} = 0,0635$$

$$W_{pc} = K_{pc}$$

$$K_{pc} = \frac{K_t J}{a_c a_t T_m K_m K_c} = \frac{0,0233 * 31}{2 * 2 * 0,01 * 2,7772 * 0,0635} = 102,5$$

Розрахунок III- регулятора швидкості:

$$U_{OCmax} = 10 \text{ В}$$

$$K_c = \frac{U_{OCmax}}{\omega_{max}} = \frac{10}{157,5} = 0,0635$$

$$W_{pm} = \frac{T_3 p + 1}{T_4 p} = K_n + K_u \frac{1}{p}$$

$$T_3 = a_c a_t b_c T_m = 2 * 2 * 2 * 0,01 = 0,08$$

$$T_4 = \frac{T_3}{K_{pc}} = \frac{0,08}{102,5} = 0,0008$$

Вибір датчиків швидкості й струму

Вибираємо тахогенератор LM393 Датчик швидкості для Arduino

Характеристики:

- мікросхема: LM393 (подвійний компаратор)
- напруга живлення: +3.3 В ~ +5.0 В
- струм споживання енкодера: 1.4 мА
- інтерфейс або тип вихідного сигналу енкодера: цифровий TTL
- вихідний формат: цифровий вихід (0 і 1)
- робоча температура: від 0 ° С ~ + 70 ° С

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{m2} = \frac{U_{HTT}}{\omega_H} = \frac{60}{157.5} = 0.38$$

$$K_c = \frac{U_{OCmax}}{\omega_{max}} = \frac{10}{157.5} = 0.0635$$

$$\gamma = \frac{K_{ш}}{K_{m2}} = \frac{0.0635}{0.38} = 0.17$$

Вибираємо датчик струму ACS758LCB-050U

характеристики

вимірювана струм до 50А.

чутливість 60mV / А.

вихідний струм 10mA.

напруга живлення 3V - 5.5V.

тип чутливого елемента Open Loop Hall Effect.

поляризація Unidirectional.

частота 120kHz.

робоча температура -40 ° C - 150 ° C

$$U_{вих} = I_{вих} \cdot R_{нав} = 0.1 \cdot 40 = 4 \text{ В}$$

$$K_{дт} = \frac{U_{вих}}{I_H} = \frac{4}{400} = 0.01$$

$$K_{дт} = \frac{K_{л}}{K_{дт}} = \frac{0.0233}{0.01} = 2.33$$

Моделювання електроприводу конвеєра

Структурна схема та графічні результати моделювання електропривода по системі ПЧ-АД з ПІ-регулятором зображена на рис. 3.3, з П- регулятором на рис.3.4

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

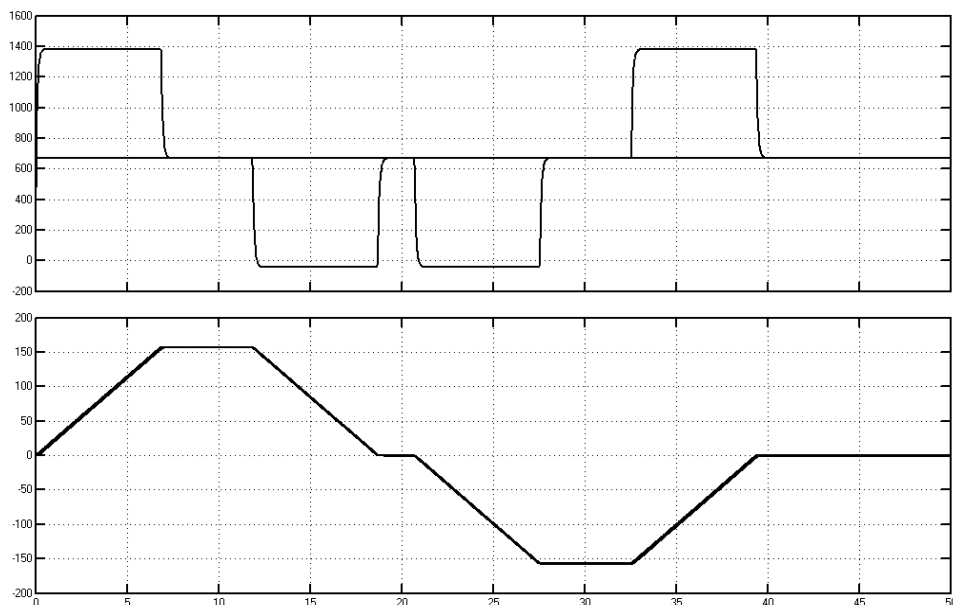


Рисунок 3.5- Структурна схема та графічні результати моделювання

3.5 Особливості технологічних схем конвеєрного транспорту

В даний час кожен конвеєр (стрічкові, скребкові) комплектується ТСА: датчики швидкості, сходу стрічки, стану тягових органів, пристрої сигналізації, блокувань з іншими конвеєрами і механізмами.

При об'єднанні конвеєрів у транспортні лінії системи автоматики повинні забезпечувати можливість централізованого пуску конвеєрної лінії зі зручної точки. Причому після вибору конкретної точки пуску конвеєрної лінії, запуск з інших точок забороняється. У той же час повинна передбачатися можливість зупинки конвеєра з будь-якої точки.

Запуск конвеєрної лінії повинен проводитися в напрямку зворотному грузопотоку після попереджувальної звукової сигналізації, чутної по всій довжині лінії не менше 5 секунд.

Системами автоматики повинні бути передбачені контроль часу розгону конвеєра до необхідної швидкості і припинення запуску, якщо розгін затягнувся.

Апаратура автоматизації повинна передбачати цілий комплекс інших захистів і блокувань, що забезпечують безпечну та безаварійну роботу конвеєрів. Розроблено ТСА для застосування на вантажно-людських перевезеннях з можливістю контролю не тільки зниження швидкості конвеєра при просковзуванні горизонтальних і піднімають вантаж конвеєрів, але і з захистом від перевищення швидкості при транспорті вантажу вниз по бремсбергами (УКПС).

стрічки конвеєра УКИ передбачає автоматичне включення домкрата натяжної головки конвеєра.

3.6 Основні вимоги до системи автоматизації конвеєрної установки

Під автоматизацією конвеєрної лінії розуміється така лінія, конвеєри якої об'єднані загальною системою управління, що забезпечує дотримання необхідних блокувань і захистів, а також автоматичну реалізацію пуску й зупинки конвеєрної лінії.

При автоматизації конвеєрного транспорту застосовується місцеве централізоване управління одиночним конвеєром; централізоване автоматизоване управління конвеєрною лінією й автоматичне управління. Кожний з видів керування забезпечує автоматичне управління послідовності операцій пуску й зупинки, а також регулювання режимів роботи механізмів конвеєра або конвеєрної лінії з дотриманням необхідних захисних відключень і блокувань. При цьому можуть установлюватися наступні режими пуску й зупинки: пуск конвеєрної лінії (частини лінії) - процес пуску механізмів лінії по команді оператора або технологічних датчиків у послідовності, що виключає завал місць завантаження (у напрямку зворотному вантажопотоку); оперативна зупинка конвеєра при його ненормальному режимі роботи, здійснюється по керуючих командах від оператора, що обслуговує персонал на місці або автоматично від технологічних датчиків; екстрена зупинка конвеєра - зупинка здійснюється з накладенням механічного гальма одночасно з подачею команди на відключення приводу конвеєра; захисне відключення - зняття напруги живлення із двигуна конвеєра з метою аварійної або екстреної зупинки.

Автоматизація окремих конвеєрів та конвеєрних ліній виконується по двох основних схемах: дистанційне управління, при якому автоматизуються тільки пуск та зупинка конвеєра; автоматизований контроль за роботою конвеєра та його елементів, при якому приводні двигуни автоматично відключаються при порушенні режиму роботи конвеєра чи його окремих елементів.

Для контролю швидкості стрічки застосовують тахогенераторні датчики, встановлені біля приводної станції між холостою та робочою гілками стрічки. Ролик датчика прижимається пружиною до стрічки. При обертанні ролика тахогенератор виробляє струм з певними параметрами, які змінюються при

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		562

зміні швидкості стрічки. Це фіксується приборами, що подають команду на електропривод конвеєра.

Датчик контролю сходу стрічки контролює її положення та при аварійному сходженні стрічки у бік подає сигнал в систему дистанційного чи автоматизованого управління. Для екстреного припинення пуску та екстреної зупинки конвеєрів з будь якого місця технологічної лінії використовують кабель-тросові вимикачі, що складаються з гнучких тяг (тросів), протягнутих вздовж ставу конвеєру, та кінцеві вимикачі. Для контролю стану тросової основи резино-тросових стрічок застосовують пристрої, що забезпечують виявлення пошкоджених тросів у поперечному перетині стрічки при її русі, автоматичне сумування пошкоджень тросової основи по довжині стрічки та видачу команди на відключення конвеєра при виявленні недопустимих пошкоджень.

Застосовують також датчики контролю роботи перевантажувальних пунктів (контролю заповнення бункерів та протічок у місцях перевантаження гірничої маси з конвеєра на конвеєр), апаратуру автоматизації зрошення на перевантаженнях, передбачену для автоматичного включення та відключення системи зрошення а місцях перевантаження на конвеєрах та ін. [5].

Згідно правил безпечної експлуатації до апаратури автоматизованого чи дистанційного управління конвеєрами чи конвеєрними лініями пред'являються наступні основні вимоги:

- забезпечення подачі передпускового попереджувального сигналу тривалістю не менше 5с;
- ввімкнення конвеєрів у лінії в послідовності, зворотній напрямку вантажопотоку, та забезпечення пуску наступного конвеєра (проти вантажопотоку) після розгону попереднього;
- автоматичне одночасне відключення усіх конвеєрів у лінії, транспор-туючих вантаж на конвеєр, що вийшов з ладу;

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		572

- неможливість повторного включення несправного конвеєра при спрацюванні електричного захисту електродвигуна механічної частини конвеєра та ін.;
- відключення проводу з будь якої точки по довжині конвеєра та наявність місцевого блокування, що попереджує пуск даного конвеєра з пульта управління;
- можливість переходу на місцеве ручне управління приводами окремих конвеєрів при ремонті, огляді та регулюванні.

Аварійне відключення приводу конвеєра повинне виконуватися при обриві стрічки, тривалому пуску, зниженні швидкості стрічки до 75% від мінімальної, завалі перевантажувального пункту та ін. Між пультом управління, місцем розташування приводів конвеєра та пунктами завантаження конвеєрної лінії повинна бути двохсторонній телефонний зв'язок або кодова сигналізація.

3.7 Засоби автоматичного контролю, захисту та сигналізації

Комплект апаратури автоматизації конвеєрних ліній зазвичай складається з: реле швидкості та апарати контролю пробуксовування стрічки; апарати контролю та сигналізації зсуву стрічки; пристрої для попередження завалу місць перевантаження; просторої автоматичної очистки стрічки та її натягу; апарати автоматизації зрошення; різноманітні пульти управління, релейні ящики, кнопкові пости та ін.

Реле швидкості складається з датчика швидкості (тахогенераторного чи магнітоіндукційного) та напівпровідникового чи магнітного підсилювача, що працює в релейному режимі. Найбільш поширеними являються реле швидкості, у яких контроль швидкості ведеться по амплітуді сигналу від датчика – реле РСА, РС-67.

Вибираємо реле швидкості УКСЛ -1, принцип дії якого заснований на використанні частоти сигналу, що виробляється датчиком швидкості. Це дозволяє шляхом налаштування апарату на певну полосу частот, відповідних

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						583
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допустимим швидкостям тягового органу конвеєра $(0,75 - 1,08)U_{ном}$, контролювати зниження та перевищення швидкості. Реле швидкості УКСЛ – 1 забезпечує:

- відключення конвеєра при зниженні швидкості тягового органу конвеєра понад допустимих меж;
- незалежне налаштування на дві швидкості стрічки з дистанційним переключенням;
- видачу команди на механічне гальмування конвеєра при зниженні швидкості до $(0,2-0,3) U_{ном}$ після оперативного відключення [6].

Пристрій контролю міцності стрічки УКПЛ – 1 застосовують для контролю всіх типів конвеєрних стрічок зі сталлюю тросовою основою шириною до 1200мм. Принцип дії УКПЛ – 1 оснований на методі феррозондової дефектоскопії . Попередньо намагнічені в повздовжньому напрямку троси стрічки приймають стан визначеного залишкового магнетизму, характерного для даного ферромагнітного матеріалу. В місцях пошкодження тросів виникають магнітні поля розсіювання, вимірювані ферозондом – полімером, що рухається вздовж стрічки, паралельно її поверхні. Інформація про наявність пошкодження тросової основи вкладає у вихідний електричний сигнал ферозонда. УКПЛ - 1 призначений для профілактичного контролю стану тросової основи резино – тросових конвеєрних стрічок при проведенні оглядів та ремонту та забезпечує:

- виявлення пошкоджених тросів у поперечному перетині стрічки, що рухається з робочою швидкістю;
- автоматичне сумування пошкоджень основи з врахуванням їх взаємного впливу на міцність стрічки, що рухається з робочою швидкістю, пошкоджень тросової основи по довжині стрічки;
- безперервну реєстрацію показань самописним прибором;

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		594

- можливість визначення на нерухомій стрічці кількості пошкоджених тросів на виявлених дефектних ділянках та стиковці тросів;
- видачу команди на відключення приводу конвеєра та подачу світлового сигналу при виявленні пошкодження тросів, що перевищує встановлену межу у поперечному перетині чи по довжині стрічки.

У місцях перевантаження вугілля для зменшення пилоутворення застосовуються спеціальні зрошувальні пристрої. Автоматизація зрошувальних пристроїв зводиться до автоматичного відкривання та закривання виконуючого приладу, що подає воду у форсунках, встановлених над спрацьовуючим барабаном конвеєра, в залежності від наявності вугілля на працюючому конвеєрі. Для автоматизації системи зрошення в пунктах перевантаження транспортованого матеріалу застосовують апаратуру АО – 3.

В якості апаратури контролю бокового зсуву стрічки обираємо датчик КСЛ – 2, що встановлюється по обидва боки стрічки та шляхом замикання та розмикання свого контакту подає сигнал у систему автоматизованого управління.

Уніфікований пристрій УКПС контролю проковзування та швидкості призначено для контролю роботи та захисту від перенавантаження стрічкових конвеєрів. Воно забезпечує:

- видачу сигналу про початок проковзування та перевищення швидкості стрічки;
- видачу команди на управління механізмом натягу стрічки на початковій стадії проковування;
- видачу команди на відключення приводу конвеєра при виникненні недопустимого проковзування чи збільшенні швидкості стрічки та зниженні швидкості барабану;
- аварійне блокування від повторного пуску конвеєра при аварійному відключенні;
- видачу сигналів про причини аварійного відключення конвеєра.

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						605
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосовуємо також пристрій для екстремальної зупинки та припинення пуску автоматизованої конвеєрної лінії у вигляді кабель-тросового вимикача КТВ – 2 та лінійного вимикача ВЛ – 3 [7].

3.8 Спосіб безперервного вимірювання транспортованої маси

Спосіб безперервного і точного вимірювання маси переміщуваних гірничих матеріалів на стрічкових конвеєрах реалізований з використанням показань

двох розташованих певним чином на довжині конвеєра вагових роликоопор, одна з яких оснащена еталонним пригрузом, вага якого (або яких, якщо пригрузів декілька) є заздалегідь відомою постійною величиною.

Використання такого принципу вимірювання ваги на стрічкових конвеєрах дозволяє, використовуючи мінімальну кількість ваговимірювального обладнання, отримати максимально можливу точність зважування транспортованих матеріалів.

Необхідну для реалізації способу інформацію про вагу порожньої стрічки за один холостий цикл роботи конвеєра отримують перед початком роботи, використовуючи при цьому показання будь-якого з вагових роликоопор. Якщо використовується для визначення ваги порожньої стрічки вагова роликоопора була оснащена пригрузом, то вага пригруза по закінченні холостого циклу роботи конвеєра віднімається від загальної ваги і це значення запам'ятовують шляхом введення відповідної інформації в центральний процесор.

Власне, процес визначення ваги транспортованої гірничої маси на стрічкових конвеєрах, показаний на рисунку 3.6, включає одночасне вимірювання ваги завантаженої стрічки двома незалежними, розташованими по обидві сторони від будь-якої окремо взятої штатної роликоопори ваговими роликооперами. Після кожного повного обороту стрічки відвантаженої масу обчислюють як різницю між сумарними показаннями вагової роликоопори без еталонного пригруза і вагою порожньої стрічки, одночасно обчислюють різницю сумарних показань обох вагових роликоопор, порівнюють її з вагою еталонного пригруза і в разі їх розбіжностей вносять поправку в величину

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						616
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відвантаженої маси. Іншими словами , якщо різниця ваги дорівнює сумі ваги еталонного пригруза , то центральний процесор видає цю інформацію як значення відвантаженої за один повний цикл роботи конвеєра масу. Якщо виявляється різниця показань у вазі між ваговими роликкоопорами і сумою ваги еталонного

пригруза, то центральний процесор введе відповідну поправку в величину відвантаженої маси.

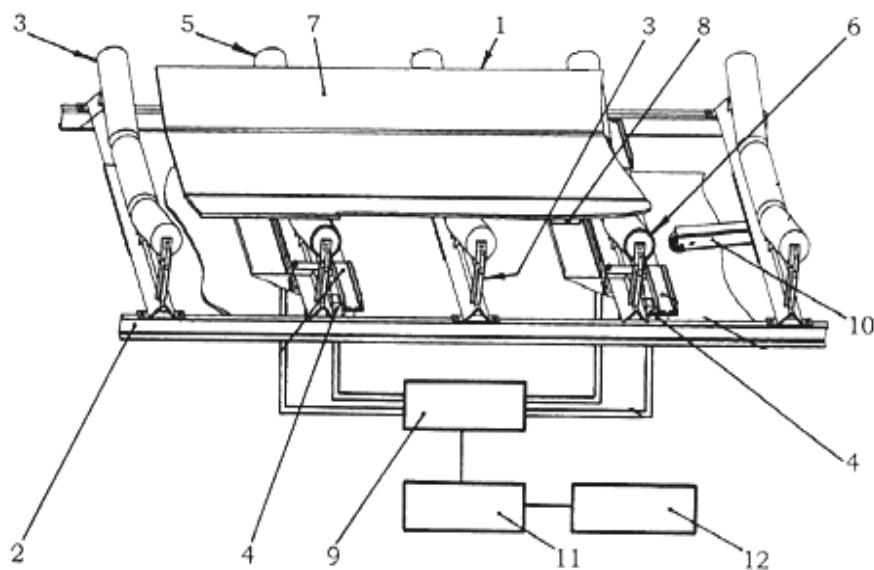


Рисунок 3.6– Пристрій безперервного визначення гірничої маси, що транспортується стрічковим конвеєром,

де 1 – конвеєр, 2 – рама конвеєра, 3 – штатні роликкоопори, 4 – тензодатчики, 5,6 – вагові роликкоопори, 7 – стрічка конвеєра, 8 – еталонний пригруз, 9 – ваговий контролер, 10 – датчик швидкості, 11 – центральний процесор, 12 – периферійні пристрої (диспетчерська)

Оперативна інформація з центрального процесора надходить на пульт оператор , передається по каналах зв'язку в автоматизовану систему управління технологічними процесами або виробництва , записується в програму архівації і т.д. Отримана в результаті використання справжнього способу точність зважування буде досить високою, але , тим не менш , в процесі роботи конвеєра в центральному процесорі накопичується похибка за рахунок впливу на

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		627

точність свідчення сталися незворотні зміни в конструкції штатних роликоопор, зносу стрічки конвеєра і т.д. Для усунення цієї похибки слід якомога частіше, наприклад один або два рази за робочу зміну , проводити оновлення інформації про вагу порожньої стрічки за один холостий цикл роботи конвеєра . Якщо врахувати, що конвеєрні лінії, як правило, дублюються , то такий режим роботи обладнання є цілком прийнятним [8].

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						638
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Охорона праці

4.1 Загальні заходи безпеки при відкритих гірських роботах

Розробка родовищ корисних копалин відкритим способом повинна проводитися згідно з НПАОП 0.00-1.24-10 «Правила охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом» і затвердженим проектом. Підприємство повинно також мати встановлену геологічну і маркшейдерську документацію; план гірничих робіт, затверджений технічним керівником підприємства та погоджений із місцевими органами Держгірпромнагляду; спеціальний дозвіл (ліцензію) на здійснення експлуатації родовищ корисних копалин.

Технічне керівництво гірничими роботами при відкритій розробці можуть вести особи із закінченою вищою чи середньою гірничотехнічною освітою. Керівні та інженерно-технічні працівники підприємств, які розробляють родовища корисних копалин відкритим способом, а також організацій, що розробляють для цих підприємств проекти, машини, прилади повинні не менше одного разу на три роки проходити перевірку знань правил безпеки та інших нормативно-технічних документів згідно з вимогами органів державного нагляду за охороною праці. При впровадженні нових технологічних процесів або введенні нових правил усі працівники проходять позаплановий інструктаж. У приміщеннях нарядних, на робочих місцях і на шляхах переміщення працівників слід вивішувати плакати і попереджувальні написи з техніки безпеки, а на всіх машинах і механізмах повинні знаходитися інструкції з безпечної їх експлуатації.

Кожен робітник до початку роботи має бути впевненим у безпечному стані робочого місця, перевіривши справність запобіжних пристроїв, інструменту, приладів, механізмів.

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сторожук М.П			Охорона праці	Літ.	Арк.
Перевір.		Козлов					64
Реценз.						ІЕЕ каф.АУЕК	
Н. Контр.							
Затверд.		Прядко С.Л					
						Акрушів	8

У разі виявлення недоліків, які неможливо ліквідувати самому, робітник, не розпочинаючи роботу, зобов'язаний повідомити про це безпосередньо керівника чи особу, що відповідає за безпеку робіт. Перед запуском механізмів чи початком руху транспорту необхідно подати звуковий, а в нічний час доби і світловий сигнали, з якими знайомі всі працівники кар'єру.

Гірничі виробки кар'єрів у небезпечних місцях, де можливе падіння людей (провали, свердловини), повинні огорожуватися загородками або перекриватися, позначатися запобіжними знаками, що освітлюються у темний час доби.

4.2 Безпека при експлуатації конвеєрного транспорту

Безпека експлуатації конвеєра значною мірою залежить від кута повздовжнього нахилу, який має бути не більше 18° при роботі конвеєра на підйом і 15° – на спуск, а при використанні запобіжних пристроїв від скочування каміння – до 24° .

Бажано розташовувати конвеєри в галереях чи виробках, де відсутній вплив атмосферних явищ. Відстань до стіни з габаритного боку повинна бути не менше 0,7 м, з негабаритного – 0,4 м, між двома конвеєрами – 1 м. Відстань від найвищої точки конвеєра до стелі повинна бути не менше 0,6 м.

Стрічкові конвеєри, встановлені з похилом понад 8° , та ті, що встановлені в галереях чи підземних виробках з нахилом понад 6° , повинні мати надійні гальма від зворотного ходу, а при кутах нахилу понад 10° – пристрої для уловлювання стрічки на випадок її розриву.

Пуск послідовно працюючих конвеєрів повинен здійснюватися з останнього. При цьому наступний конвеєр вмикають після того, як набере повну швидкість останній. Зупинка послідовно працюючих конвеєрів здійснюється у зворотному порядку. У випадку аварійної зупинки одного з конвеєрів повинна автоматично вимикатися вся лінія. Конвеєр також повинен автоматично вимикатися при буксуванні стрічки. Не пізніше, ніж за 5 с перед запуском конвеєрної лінії, подається чіткий сигнал, який вимикається після того, як перший конвеєр набере повну швидкість.

					ДП 2410.ОА-Г61-1-4 ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустиме також вимикання сигналу на тому конвеєрі, який запущено.

При спрацюванні систем захисту конвеєр не дозволяється вмикати дистанційно. Пуск конвеєра може здійснюватися тільки з приводного пульта, з якого видно весь конвеєр.

У темний час доби вся конвеєрна лінія повинна в достатній мірі освітлюватися. Затемнені місця галерей повинні освітлюватися і у день.

Приводні, натяжні, відхиляючі та кінцеві станції стрічкових конвеєрів повинні використовувати огорожі, що виключають можливість здійснювати ручне прибирання матеріалу, що просипався, у барабанів під час роботи конвеєрів. На конвеєрах повинні бути пристрої для очищення стрічки, що перевіряються щозміни особою технагляду. Робота на заштибованих конвеєрах не дозволяється. Прибирання матеріалу, що просипався, з-під стрічкових конвеєрів повинна бути механізована (гідравлічне прибирання та ін.). Ремонт, змащення, очистка конвеєрів повинна проводитися тільки при зупиненому конвеєрі та заблокованому пусковому пристрої.

Стрічкові конвеєри, встановлені з нахилом більше 6°, повинні обладнуватися автоматичним гальмівним приладом, що спрацьовує при відключенні двигуна.

Конвеєрні установки повинен обладнуватися:

- пристрій для аварійної зупинки конвеєра з будь якої точки по його довжині;
- сигналізацію про початок пуску;
- пристрої блокування, що виключають можливість дистанційного пуску після спрацювання захисту конвеєра;
- пристрій, що відключає конвеєр у випадку зупинки стрічки при ввімкненому приводі;
- пристрої, що попереджають бокове зсунення стрічки та датчики бокового зсунення, що відключають пр ивід конвеєра при сході стрічки у бік більше ніж на 10% її довжини;

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- місцеве блокування, що попереджує пуск даного конвеєра з пункту управління;
- перехідні містки, що мають суцільний не ковзкий настил шириною $\geq 0,7\text{м}$, огорожу перилами висотою $\geq 1\text{м}$, на відстані $\geq 500\text{м}$ один від одного;
- захисні пристрої у місцях проходу людей під конвеєрами для захисту від падаючих шматків транспортованого матеріалу;
- спеціальні пристрої для уловлення вантажної гілки при її розриві, чи пристрої, що контролюють цілісність тросів у виробках з кутом нахилу більше 10° .

4.3 Боротьба з пилом та шкідливими газами

Повітря робочої зони при видобуванні та транспортуванні бурого вугілля повинне містити по обсязі 20 % кисню й не більше 0,5 % вуглекислого газу; зміст інших шкідливих газів наведених у табл.4.1.

Пило-газовиділення в кар'єрах зменшують за допомогою організацій-них, технологічних та інженерно-технічних заходів. Інженерно-технічні заходи включають у себе якісне розсіювання шкідливих виділень, пиловло-влювання, пилопридушення, нейтралізацію отруйних газів.. Найчастіше в якості першого ступеня використовують циклон, а другого – тканинний фільтр.

Таблиця 4.1 – Гранично допустимі концентрації

Склад повітря	На рівні моря (об'єм,%)	У кар'єрі і гірничих виробках (об'єм,%)
Азот	78,08	74,5
Кисень	20,95	20,0
Аргон	0,93	-
Вуглекислий газ	0,03	0,5
Інші гази	0,01	5,0

4.4 Шум та вібрація.

Приблизний рівень шуму конвеєрного транспорту складає 90 дБА.

Зону з рівнем звуку, вищим за 85 дБА, позначають спеціальними значками, а людей, які працюють у цих зонах, забезпечувати засобами індивідуального захисту. Допустимі норми шуму наведені у таблиці 4.2, допустимі норми вібрації приведені у таблиці 4.3

Таблиця 4.2 – Допустимі рівні шуму

Робочі місця (зони) і види робіт	Рівні шуму, дБА
1. Гірничі виробки, територія поверхні	80
2. Кабіни спостережень і дистанційного керування без мовного зв'язку по телефоні	80
з мовним зв'язком по телефоні	65
3. Роботи, що вимагають зосередження й уваги	60

Таблиця 4.3 – Допустимі рівні вібрації

Вид вібрації	Категорії вібрації (вид машин і встаткування)	Рівні вібрації, дБ	
		вібропри- скорення	вібро- швидкості
Локальна	Відбійні молотки, свердли, перфоратори	126	112
Загальна	Транспортна (самохідний шахтний транспорт)	112	116
	Транспортно-технологічна (гірські комбайни, шахтні навантажувальні машини, самохідні бурильні установки)	109	101
	Технологічна (насоси, вентилятори, піднімальні машини, компресори)	100	92

Зменшення шуму та вібрації досягаємо шляхом розробки шумо-вібробезпечної техніки, використання засобів та методів колективного (що зменшує шум та вібрацію в джерелі виникнення та на шляху їх розповсюдження до об'єкта, який підлягає захисту) та індивідуального захисту (протишумових вкладишів, касок, віброзахисних рукавиць та ін.).

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

4.5 Освітлення кар'єру та конвеєрної лінії

Відповідно до НПАОП 0.00-1.24-10 «Правила безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом» у таблиці 4.4 наведені норми освітлення різних ділянок при відкритих роботах.

Таблиця 4.4 – Норми освітленості відкритих робіт

Об'єкти кар'єру	Найменша освітленість, лк	Площина, на якій нормується освітленість	Примітка
1	2	3	4
Територія в районі ведення робіт	0,2	На рівні поверхні, що освітл.	Район робіт, що підлягає освітленню
Місця ручних робіт	5,0 10,0	Горизонтальна Вертикальна	
Конвеєрні поточкові лінії	5,0	На поверхні конвеєра	
Зона обслуговування конвеєрних барабанів	10,0	Горизонтальна	
Конвеєрні стрічки в місцях ручного відбирання порід	50,0	На поверхні конвеєрної стрічки	На відстані не менше ніж 1,5 м від породовідбійника проти руху конвеєрної стрічки

Для мереж освітлення в кар'єрі, а також світильників на пересувних машинах, механізмах і агрегатах необхідно застосовувати електричну систему з ізолюваною нейтраллю та лінійною напругою не вище ніж 220 В. Для живлення ручних переносних ламп необхідно застосовувати лінійну напругу не вище ніж 36 В змінного струму і 48 В постійного струму. Під час застосування тепловозної тяги допускається використання для цього постійного струму напругою до 75 В.

На стаціонарних і пересувних опорах контактної мережі постійного струму напругою до 1650 В включно можна виконувати підвіску проводів електричного освітлення та світильників вище контактного проводу на протилежному від нього боці опори.

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Ізолятори освітлювальної мережі повинні бути на напругу 1650 В.

Відстань від контактного проводу до проводів освітлення по вертикалі повинна бути не менше ніж 1,5 м. Відстань від контактного проводу до опори при боковій підвісці повинна бути не менше ніж 1 м.

Працівники, яких направляють на роботу в умовах недостатнього освітлення і в нічний час, повинні мати індивідуальні переносні світильники.

4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Пожежі на кар'єрах можуть бути екзогенного походження (виникають від внутрішніх джерел) та ендогенного походження (виникають від само-запалення викопного вугілля, в результаті низькотемпературного окислення та послідуєчого само нагріву матеріалу).

При виникненні пожежі всі роботи на ділянках кар'єру, атмосфера яких забруднена продуктами горіння, повинні бути призупинені, за виключенням робіт, пов'язаних з ліквідацією пожежі.

На кар'єрах, де видобувають само- або легкозаймисті корисні копалини, споруджується спеціальний протипожежний водопровід, який з'єднується з господарсько-протипожежним або господарсько-питним водопроводом. Кожний пожежний кран встановлюється на трубопроводах діаметром не менше діаметра крана і на висоті 1,35 м від рівня підлоги. Крани забезпечують пожежними рукавами однакового з ним діаметра довжиною 10 чи 20 м і пожежним стволом. Розміщення пожежних кранів повинно бути таким, щоб гарантувати зрошення будь-якої точки приміщення.

Пожежні гідранти на території кар'єрів розташовують уздовж доріг і проїздів на відстані не більше, ніж 100 м один від одного, не ближче, ніж 5 м від стін виробничого приміщення і поблизу перехрестя доріг.

При гасінні пожеж в електроустановках передбачені порошкові вогнегасники ОП-8. Для гасіння горючих речовин та твердих речовин використовуються хімічно – пінні вогнегасники ВХП-10.

Стан всіх протипожежних засобів перевіряється щомісяця й за результатами перевірки складається акт.

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гірничорятувальна справа охоплює роботи з боротьби з аваріями, заходами щодо їхнього попередження, а також роботи, спрямовані на ліквідацію аварій у початковій стадії.

Згідно з «Основами законодавства України про надра» всі підприємства та організації, які ведуть гірничі роботи, повинні обслуговуватись гірничорятувальними службами. Кар'єр обслуговує взвод Державної воєнізованої гірничорятувальної служби (ДВГРС), що має у своєму розпорядженні пилову й газову лабораторії, майстерню з ремонту гірничорятувального устаткування, навчальні класи й полігон.

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань:

- 1.ЗВІТ з оцінки впливу на довкілля «Видобування корисних копалин Новопавлівського родовища мігматитів придатних для виробництва щебеню будівельного марок «600»-«1400» та каменю бутового марок «800»-«1400», відсівів від подрібнення мігматитів придатні для дорожнього будівництва, благоустрою, рекультивації і планування ПрАТ «Новопавлівський гранітний кар'єр» № 201810191960 : Кам'янське, 2019
2. Малиновский А.К. Автоматизированный электропривод машин и установок шахт и рудников: Учебник для вузов. [Текст] – М.: Недра, 1987– 277 с.
3. Горбатов П.А. Гірничі машини для підземного видобудування вугілля: Навч.посіб. для вузів. Горбатов П.А., Петрушкін Г.В., Лисенко М.М., Павленко С.В., Косарев В.В.; Під заг.ред. П.А. Горбатова. 2-ге вид.перероб. і доп. [Текст] - Донецьк: Норд Комп'ютер, 2006. - 669с
4. Ключев В.И. Электропривод и автоматизация общепромышленных установок. Ключев В.И., Терехов В.М. [Текст] Учебник для ВУЗов. – М.: Энергия, 1980 – 260с.
5. Анчарова Т. В. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Электрооборудование и автоматизация . Анчарова Т. В., Каменева В. В., Сербиновского Г. В. – 2-еизд., перераб. и доп. [Текст] – М.: Энергоиздат.- 1981. – 624с., ил.
6. Москаленко В.В. Электрический привод.[Текст] - М.: Высш. шк., 1991.- 430с.
7. Башарин А.В. Примеры расчетов автоматизированного электропривода. Голубев Ф.Н., Кепперман В.Г. [Текст] Энергия, 1972. – 440 с.
8. Семенченко А.К. Теоретичні основи аналізу і синтезу гірничих машин і процесу їх відновлення, як динамічних систем. В.М.Кравченко, О.Є.Шабасєв. [Текст] Донецьк: РВА ДонНТУ, 2002. – 302с
9. Бойко Н.Г. Динамика очистных комбайнов. -[Текст] Донецк: РВА ДонНТУ, 2004. - 206 с.

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.Чермалых В.М. Системы электропривода и автоматики рудничных стационарных машин и установок. Родькин Д.И., Каневский В.В. [Текст] – М.; Недра, 1976 – 398с.

11.Закладний О.М. Енергозбереження засобами промислового електропривода. Навчальний посібник. Закладний О.М., Праховник А. В., Соловей О. І., [Текст] – К: Кондор.- 2005. – 408с.

12.Алиев И.И. Электротехнический справочник. – 4-е изд., испр. – М.: РадиоСофт. [Текст] - 2001. – 384 с.

13.Чермалих О.В. Методичні вказівки до виконання курсових та дипломних проектів Розрахунок та комп'ютерне моделювання систем автоматизованого електропривода. Чермалих О.В., Тишевич Б.Л., Данілін О.В. [Текст] Політехніка.- 2004-60с.

14. Данілін О.В. Моделювання електромеханічних процесів і систем. Чермалих В.М., Розен В.П. [Текст] Навч. Посіб./– К.: НТУУ «КПІ» 2007, 52 с.

15.www.tehnoplaza.ru

16.www.stroy-technics.ru

17.В.Ц.Жидецький Основи охорони праці, [Текст] Львів: Афіша.-2002.

18.ДСН 3.3.6.037 – 99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

19. Блок В.М. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей. Обушев Г.К., Паперно Л.Б. [Текст] – М.: Высш. шк., 1990. – 383 с.

20. В.А. Елесеєва Справочник по автоматизированному электроприводу .А.В. Шинявского. Под ред.– [Текст] М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.

					ДП 2410.ОА-г61-1-4 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		